
학사과정 공학프로그램의 설계교육모델

한 승 업

서울대학교 공과대학 전기공학부

(1998. 3. 20 접수)

A Design Education Model in Undergraduate Engineering Program

Song-yop Hahn

School of Electrical Engineering, Seoul National University

(received March.10. 1998)

국문 요약

학사과정 공학프로그램에서는 기초과학, 공학이론(engineering science), 공학설계(engineering design), 공학관련 인문학 및 사회과학 등 4개 분야를 다루어야 하는데 우리나라의 경우는 후자의 2개 분야를 제대로 교육하지 못하고 있다. 그 큰 이유는 이 분야 교과목 개발이 어렵고 그 교과목을 교육하기도 힘들기 때문이다. 그러나 우리의 교육여건이 점차 개선되고 있고 산업체에서도 강도높게 요구하고 있기 때문에 이들 2개 분야의 교육을 시급히 강화할 필요가 있다. 이 연구에서는 이들 2개 분야를 종합적으로 교육시킬 수 있는 하나의 설계교육 모델을 제안하였다. 설계교육을 세단계로 구성하였는데 제1단계는 공학의 본질 및 설계과정을 이해시키고, 창의력향상에 주안점을 둔 설계, 제2단계는 전공이론을 이용한 정밀하고 경제적인 해를 찾는 설계방법, 제3단계는 실사회 문제를 해결할 수 있는 설계능력을 배양하는 것으로 구성하였다. 그리고 각 전공교과목에서도 여러 지식을 종합하는 설계과제를 다루도록 하였다.

Abstract

Engineering methodology which is defined broadly as the various nontechnical knowledge such as design process and the personal skills such as creativity that an engineer must have to be a successful practitioner, is not sufficiently implemented in the present undergraduate engineering programs.

A systematic design education model is proposed in this paper to teach the principles and art of engineering. First level design education is to introduce engineering process and cultivate student's creativity. Second one is to apply the knowledge of sciences, mathematics and engineering sciences to the solution of basic engineering problems. Third

one is to solve a real-life problem.

1. 머리말

공학이란 무엇인가에 대하여 많은 사람들이 정의를 내렸지만 그중에서 미국의 공학교육인증 위원회 (Accreditation Board for Engineering and Technology)(1)가 내린 공학의 정의가 보편적으로 잘 알려져있다. 즉 공학이란 연구와 경험과 훈련으로 얻어진 수학과 자연과학 지식을 인류의 복지를 위하여 자연의 물질과 에너지를 신중한 판단을 거쳐 경제적으로 사용하는 방법을 개발하는 직업이라고 정의되고 있다. 따라서 유능한 공학자 (engineer)를 양성하려면 공학교육프로그램에서 아래와 같은 폭넓은 내용을 교육하여야 한다.

- 1) 물리, 화학, 대수와 같은 기초과학 및 수학
- 2) 전공분야에 대한 공학이론 (engineering science)
- 3) 설계과정, 창의력 개발, 협동작업(team work)과 같은 공학 방법론 (engineering methodology)
- 4) 공학기술과 관련된 인문학 및 사회과학

등이다.

우리나라의 공학교육프로그램에서는 학생대 교수 비율이 50대1, 실험기자재 미확보, 실험비 부족 등 교육환경이 매우 열악하였기 때문에 위에서 나열한 네개 항목중 1항과 2항만을 다루어 왔다. 다시 말하면 공과대학에서 이론만 배우고 이론을 실사회가 필요로 하는 공학문제의 해결에 적용하는 방법은 교육하지 못하고 있다. 따라서 이 부분은 회사에 입사하여 사내의 신입사원 훈련과정에

서 다루게 되는데 이는 많은 시간과 예산을 낭비하는 결과를 초래하고 있다. 이와 같은 현 우리나라 공학교육프로그램의 미흡한 점을 보완하기 위하여는 앞에서 열거한 제3항과 제4항을 공학교육프로그램에서 다루어야 한다. 이 논문에서는 위 제3항과 제4항을 통합하여 교육시키기 위한 공학설계교육의 한 모델을 제시 하고자 한다.

2. 공학설계의 교육요소

공장에서 제품이 설계, 생산되는 과정을 보면 그림 1과 같다. 우선 요구조건에 맞는 설계를 하고 그 설계도면에 따라 제품이 생산된다. 생산된 제품은 사내에서 시험되고 시중에서 판매된 다음 사용자에게 의하여 평가된다. 그 결과에 따라 보안점이 추출되고 이것은 다시 설계에 반영되어 더 좋은 제품이 생산된다. 설계의 목표는 요구조건을 만족시키면서 가장 가격이 저렴한 제품을 설계하는 것이다. 따라서 설계자 (design engineer)는 제품의 제작공정도 잘 알아야 하고 이 제품이 사용자를 얼마나 만족시킬지도 예측하여야 한다. 대학에서의 설계교육의 목표는 학생들로 하여금 제품의 설계, 생산과정을 직접 체험하도록 하여 설계자가 갖추어야 할 지식과 기술이 무엇인지를 깨닫게하고 교육과 훈련을 통하여 그 지식과 기술을 습득토록 하는데 있다.

설계교육에서 다루어야 할 기본 교육요소를 요약하면 학생의 창의력개발, 개방형 문제취급 설계방법의 적용, 시스템의 상세한 서술능력, 해결할 문제의 정확한 사양결정, 생산과정, 공학제도 등이다. 그 외에 기술의 역사, 경제성 고찰, 안전성 또는 신뢰성, 공학윤리, 환경문제, 미적 안목도 다루고 특히 협동작업 (team work), 의사소통기술 (communication skill)도 다룬다.

이상의 여러 요소를 각각 별도의 교과목으로 다루려면 학사과정에서 이수할 교과목수가 너무 많

이므로 본 논문에서는 3단계의 설계과목 즉 제1단계, 제2단계, 제3단계 공학설계 교과목과 전공 교과목 내에서의 설계를 제안하고 이 안에서 앞에서 열거한 교육요소들을 교육하도록 하는 것을 제안한다.

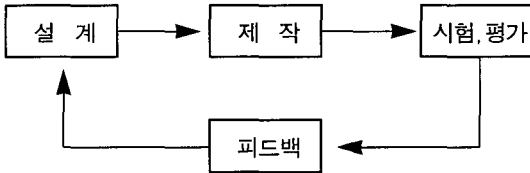


그림 1. 제품의 설계, 생산과정
Fig. 1. Design and manufacturing process of products

3. 제1단계 공학교육

우리나라 공과대학의 교과과정은 대부분 1학년에서 교양과목을 전부이수하고 2학년과 3학년에 전공필수를 부과하고 4학년에 전공선택을 이수하도록 되어있다. 따라서 1학년에서는 학과 전공교수의 강의를 거의 들을 수 없거나 한 학기에 1과목 정도를 듣게된다. 여기서 제공되는 교과목은 컴퓨터 프로그램 또는 공학수학과 같은 교과목이다. 또한 2학년에서는 공학수학 또는 전공기초를 다루게 된다. 이와 같은 교과과정 하에서는 학생이 공과대학에 입학하여 2년이 지나도 공학이 무엇인지, 공학기술자는 어떠한 자질을 가져야 하는지 등에 관하여 배우지 못하게 된다. 이것은 신입생들에게 공학에대한 동기를 부여하지 못하는 등 큰 문제로 대두되고 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 1학년에 공학입문 (Introduction to engineering)과 같은 교과목을 개설하는 경우도 있는데 여기에서는 대략 공학의 정의, 공학에서 다루는 학문분야, 공학기술의 역사 등을 다루고 있다. 때에 따라서는 산업체의 전문가를 초청하여 공학기술자가 하는 역할을 소개하기도 한다.

강의에만 의존하는 공학입문은 학생들에게 공학이 무엇인지를 수동적으로 이해하는데 그치는 것으로써 앞에서 지적한 동기부여에는 미흡하다. 따라서 공학의 본질을 체험하는 과정이 필요한데 그중의 하나가 설계과정을 포함시키는 것이다. [2][3][4] 이것을 제1단계공학설계라 하고 목표는 학생이 하나의 작품을 설계, 제작, 평가함으로써 학생에게 공학의 본질을 이해시키고 공학에 대한 동기를 부여하는데 있다. 아직 전문지식이 없기 때문에 설계과제의 선택에서부터 교과목의 운영에 있어서 각별한 계획이 필요하다. 제1단계 공학설계 교과목의 과정편성 (course design)은 각 대학 또는 학과마다의 실정에 따라 정하여야 되지만 한 예를 들어보면 다음과 같다.

(1) 강의 시간수 : 교실강의 주당 3시간, 작품제작 주당 2시간으로 하여 4학점과목으로 한다.

(2) 교실강의내용 :

◆작품제작과 관련된 강의 (전체강의의 50%)

학생들이 제작할 작품의 기능과 제약조건을 제시하고 그 작품중에 사용될 중요부품의 기능, 동작원리를 설명한다. 그리고 학생들이 제작할 각종 요소들의 설계 및 제작기법을 다룬다.

◆설계에 간접적으로 이용되는 지식 (전체강의의 50%)

공학의 이해와 공학설계에 간접적으로 이용되는 지식을 간략하게 소개한다. 예를 들면 공학의 정의, 공학설계과정, 공학기술자의 자질, 공업그래픽, 기술의 역사, 공업경제, 공학윤리등이다.

(3) 팀구성 : 학생들이 작품을 제작할 때 보통 2~4인을 1조로 편성한다. 한 팀의 인원이 많을 때는 각자의 역할분담을 명확히 하여야 한다.

(4) 작품선정 : 로봇, 무인자동차, 태양전지 자동차 등 학생들에게 호기심을 불러 일으킬 수 있는 것을 택한다. 그리고 작품의 평가가 어떤 경기 형태가 될수 있는 작품이 바람직하다.

(5) 작품구성 : 학생들의 창의력을 최대한도로 발휘할 수 있도록 작품의 구성에 가능한 한 제약을 주지 않는다. 즉 Open ended problem을 제안하여야 한다.

(6) 작품의 제작 : 각 요소 부품들을 학생 스스로가 각종 공구를 이용하여 제작하도록 하며 가능한 한 고가의 재료를 쓰지 않는다. 이것은 학생들의 창의력 향상에 큰 도움이 되고 공학기술을 창출하는 훈련이 된다.

(7) 작품의 평가 : 공개행사로 작품의 성능을 평가한다. 예를 들어 로봇의 경우 두 개의 로봇이 주어진 역할을 경기를 통하여 비교 평가하는 것이다. 이렇게 함으로써 학생들의 호기심을 불러 일으킬 수 있고 앞으로의 공학교육에 대한 동기부여에 큰 효과를 거둘 수 있다.

(8) 보고서 제출 및 발표회 : 작품의 도면, 회로도 등을 CAD로 그리도록 하고 각 요소의 설계 근거, 제작과정과 문제점을 보고서로 제출토록 한다. 그리고 그 내용은 1팀당 15분 정도에 발표토록 한다. 여기서 OHP, slide등을 제작하는 법을 익히고 발표방법도 훈련하게 된다.

4. 제2단계 공학설계

전공과목에서 배운 이론을 적용하여 시행하는 설계를 제2단계 공학설계라 하며 보통 3학년 또는 4학년 1학기에 부과한다. 2학년과 3학년 1학기까지 기본적인 실험을 마쳤기 때문에 각종 측정장치를 최대한도로 이용하도록 한다. 이 제2단계 공학설계의 목표는 학과에서 배운 이론을 적용하여 설계하고 그 결과도 이론적으로 분석할수 있는 능력을 키우는데 있다. 그리고 경제성을 고려한 최적설계개념, 설계의 신뢰성 문제도 다루게 된다.

설계과제는 2~3주에 완성할수 있는 수준의 과제를 학기당 5~6개 부과한다. 설계과목의 과정편성 (course design)을 예를 들어보면 아래와 같다.

(1) 강의 시간수 : 교실강의 주당 1시간, 작품 제작 주당 6시간으로 하며 4학점 과목으로 한다.

(2) 교실강의 내용 : 작품의 기능과 목표, 설계 제약조건을 제시하고 사용될 계측기, 특성측정장치 등을 소개한다.

(3) 팀구성 : 2~3인을 한 팀으로 한다.

(4) 과제선정 : 실험실내에서 2-3주(12-18시간)동안에 설계, 제작, 실험할 수 있는 과제를 선정한다. 따라서 1학기동안 학생들은 5~6개 정도의 과제를 수행하게 된다. 전기공학부의 경우 발진기를 이용한 금속탐지기, 디지털 필터, 위치제어 시스템, 속도제어 시스템, 오디오 앰프, 무선송신기, 무선 수신기 등이 좋은 과제가 될 수 있다.

(5) 회로 및 시스템 설계 : 전기공학부의 경우를 예를 들어 본다. 요구하는 특성을 만족하고 가격이 저렴한 회로 또는 시스템이 되도록 설계한다. 부품선정기준을 정확히 기술하여야하고 특히 중요부품의 특성은 특성실험장치로 직접 특성을 측정하여 설계에 반영한다.

(6) 결과보고 : 매 과제가 끝날 때마다 보고서를 제출한다. 회로설계 근거를 제시 하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 예측한 다음 실험결과와 비교 검토한다.

5. 제3단계 공학설계

실사회 문제 해결을 위한 설계를 제3단계공학설계라 하고 4학년 1학기 또는 2학기에 부과한다 [5][6]. 문제해결에 있어 환경영향, 사회에 미치는 영향, 공학윤리등을 고려하여야 하는 등 공학설계에 있어서 고려하여야 할 모든 요소를 점검하게 된다. 적용하여야 할 원리 또는 기술도 다양하여야 하기 때문에 학제간의 협동, 산학협동등이 요구된다. 이 설계교과목의 과정편성 (Course

Design)을 예를 들어보면 아래와 같다.

(1) 강의 시간수 : 교실강의 주당 1시간, 작품 설계 및 제작은 주당 4시간으로 3학점 과목으로 한다.

(2) 교실강의 : 학생들이 설계하는데 필요한 자료제공, 중간설계결과의 토론등을 다룬다.

(3) 팀구성 : 작품의 규모에 따라 3-5인으로 구성한다. 학제간의 지식을 요구하는 경우 여러 학과의 학생이 한 팀을 이루도록 한다.

(4) 작품선정 : 실사회에서 사용될 수 있는 작품을 선정한다. 작품선정에 있어 산업체와 협의하여 정하는 것이 매우 바람직하다. 작품제작기간을 고려하여야 하고 그 비용도 20-50만원 수준으로 하는 것이 바람직하다. 만일 산업체가 비용을 부담하는 경우는 제한을 두지 않아도 된다.

(5) 작품의 제작 : 가능한 한 학생들이 직접 부품을 구입하고 가공 조립하도록 한다. 대학의 공작실을 최대한도로 이용하고 어려운 작업은 관련 산업체의 도움을 받는다.

(6) 결과보고 : 설계, 제작, 시험과정을 자세히 기술하며 평가는 참여한 산업체 또는 전문가로부터 받도록 한다.

6. 전공교과목에 포함된 설계

지금 대부분이 전공 교과서에는 장 (chapter) 이 끝날 때마다 학생들이 풀어야 할 문제가 제시되어 있다. 이 문제들은 대부분 간단한 계산문제, 수식의 증명 등을 다루고 있다. 즉 학생들의 해석

(analysis)능력을 개발하는 문제들이다. 그러나 앞으로는 각 장, 또는 절에서 배운 내용을 종합 (synthesis)하는 능력도 개발하여야 한다.[7] 그러기 위하여 학생들에게 설계과제를 부여하는 것이다. 교과목에서 다루는 설계과제는 그 내용에 따라 실제로 제작·시험까지 하는 과제와 시뮬레이션에 의하여 성능을 평가하는 과제로 나눌수 있다. 여기서도 창의력 평가, 팀워크의 효율성평가, 결과보고서 및 발표력평가 등을 하게 된다.

7. 결론

설계교육은 공학교육프로그램에서 핵심부분이며 유능한 공학기술자를 양성하는데 가장 중요한 교과목이다. 설계교육을 체계적으로 하기 위하여 제1단계, 제2단계, 제3단계 공학설계교육을 제안하였는데 제1단계에서는 창의력 개발, 공학과정의 이해와 동기부여 중점을 두고 제2단계에서는 전공 교과목에서 배운 지식을 이용한 설계, 제작 및 평가에 중점을 두고 제3단계에서는 실사회의 공학문제를 해결하는 경험을 갖게 하는데 중점을 두었다. 이상의 모든 설계교과에서는 설계로 끝나는 것이 아니라 작품을 실제로 제작하도록 하여 학생들에게 공학과정을 잘 이해시키는데 부차적 목적을 두었다. 그리고 대부분의 전공교과목에서도 학생들로 하여금 부분지식을 종합하는 능력을 키울 수 있도록 설계과제를 부과하는 교과운영을 제안하였다.

충실한 설계교육을 위하여는 설계교과목의 개발, 가르칠 교수, 작업공간 및 재료비의 확보가 필연적으로 따라야 하고 이를 위하여 대학의 적극적인 지원이 있어야 할 것이다.

이 연구는 97학년도 서울대학교 연구교수 연구비로 이루어졌음을 알려드립니다.

[참고문헌]

- ① Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. (1997), Criteria for Accreditation Programs in Engineering in the United States: Baltimore, U.S.A.
- ② 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(2), 173.
- ③ Coleman, R. J. (1996), Engineering Education Coalitions : A Progressive Report, PRISM, American Society for Engineering Education, 24.
- ④ Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. R. and Sorenson, C. D. (1997), A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-oriented Capstone Courses, Journal of Engineering Education, 86(1), 17.
- ⑤ Sathianathan, D. (1997), First-Year Design Curriculum at 19 Campuses, Proceeding of International Conference on Engineering Education, 597.
- ⑥ Shewchuk, J. (1997), Engineering Design: Course Notes, Department of Mechanical and Industrial Engineering: The University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- ⑦ Tonkay, G. L., Sause, R., Martin-Vega, L. A., Stenger, H. G., (1997), Integrating Design into Freshman Engineering : A Lehigh Experience, Proceedings of Frontiers in Education Conference, 1115.