

디자인 프로젝트의 적용과 평가: 재료역학 수업의 사례연구

김주후

미조리대학(캔사스시티) 교육학과

(2003. 2. 17. 접수)

Application and evaluation of design projects : A case study in a mechanics of materials course

Ju Hu Kim

School of Education University of Missouri-Kansas City

(Received February 17, 2003)

국문요약

이 논문은 펜실베이니아 주립대학에서 실시된 수업개선에 관한 것으로 그 내용은 디자인 프로젝트를 재료역학 수업에 응용한 결과이다. 전통적인 강의를 활용한 수업과는 달리 학생들은 기계역학 디자인의 기초와 재료, 표준, 경제적인 요소, 제작상의 특성, 환경문제, 법 및 안전과 관련된 제반 문제들 등이 서로 연관되어 있음을 학습하도록 격려되었다. 협동학습 디자인 프로젝트를 통해 강사들은 학생들이 팀 단위의 의사결정, 평가기준의 설정과 통합, 현실적인 대안의 발견, 현실적인 제한점들에 대한 고려 등의 보다 고차원적인 내용을 학습할 수 있도록 도왔다. 새로운 수업개선이 학생들의 학습에 미친 영향을 알아보기 위해 1998년 가을학기에 설문조사를 실시하였다. 이 설문조사 결과에 따르면 학생들은 재료역학 입문수업에 대해 높은 가치를 부여하였다. 그러나 디자인 프로젝트에 대한 가치점수는 낮게 나타났고 오히려 전통적인 강의에 높은 가치를 부여했다. 더불어 이전 선수과목에서 높은 점수를 받았던 학생들이 디자인 프로젝트에 대해 낮은 가치를 보고했다. 공학교육자들을 위한 시사점과 향후 연구과제에 대한 제

Abstract

This paper reports the results of course restructuring employing design projects in an introductory mechanics of materials course at Pennsylvania State University. Unlike traditional lecture courses, students were encouraged to learn the rudiments of mechanical design and how materials, standards, economics, manufacturing, environmental, legal (liability) and societal (safety) concerns relate to design. Through conducting collaborative design projects, the instructors helped students to acquire more advanced skills such as team-based decision making, integration and establishment of

criteria, use of modern design theory, consideration of alternative solutions, and application of realistic constraints. In order to examine the impact of new course changes on students' learning, a survey was conducted in 1998 Fall semester. According to the results of survey analyses, students reported high values on this introductory mechanics of materials course. However, they did not give high values on the design projects. Rather, they preferred lecture sessions. Additionally, it was also found that students who earned higher grades from a prerequisite course(statics) showed lower values on the design projects. Implications for engineering educators and suggestions for future research studies were discussed.

1. 서론

디자인 프로젝트는 공대 학생들의 보다 나은 학습과 공학교육 커리큘럼 조정을 위해 소개되고 실시되어 왔다. 공학교육자들은 디자인 중심의 학습이 기계적인 암기나 단순 응용프로젝트보다 우수한 학습효과를 낼 수 있다고 보고한다(Carroll, 1997; Miller & Cooper, 1995). 디자인 활동을 통해 학생들은 재료, 표준, 경제적인 요소, 제작상의 특성, 환경문제, 법 및 안전과 관련된 제반 문제들 등이 서로 연관되어 있음을 구체적으로 이해하게 된다. 이런 특성들 때문에 디자인을 활용한 학습은 ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology)의 평가준거(Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2002)에도 구체적으로 나타나고 있다.

디자인이 공학교육에서 강조되어야 하는 이유는 여러 가지가 있다. 우선, 디자인은 공학분야의 특성을 나타내주는 중요한 내용 중의 하나로 공학도들이 나타내 보이는 창의성을 대변하고 있다(Davis et al., 2002). 때문에 공학을 전공한 학생이라면 하나의 시스템을 설계하고 그에 수반하는 구성요소 및 과정을 설계할 수 있어야 한다.

이러한 이유로 공학도를 교육시키는 과정에서부터 단순한 지식을 전수하는 차원이 아닌 보다 실제적이고도 응용력을 갖춘 사람이 되도록 교육과정이 설계될 필요가 있다. 사실, 디자인 능력은 공학도들이 학교를 졸업하고 현장에 근무하게 되

었을 때 필수적으로 갖추어야 할 능력이고(Black, 1994) 현 사회 또한 공학도들로 하여금 테크니칼한 능력을 넘어서서 보다 창의적이고도 통합된 능력을 가진 사람들을 요구하고 있다(Boone, 1992; Runkle, 1993).

두 번째 이유는 오늘날 대부분의 공학적인 문제 해결은 혼자서가 아닌 팀단위로 이루어지기 때문이다. 실제 세계에서 일어나는 공학적인 문제상황은 한 두 사람의 힘으로 해결되는 경우보다는 여러 사람이 참여하고 여러 분야의 전문지식이 통합적으로 발휘되어야만 해결이 가능하기 때문이다. 이러한 통합적인 문제해결을 위해 ABET는 공학도가 갖추어야 할 능력으로 팀원들과의 원활한 의사소통과 다학문적 접근을 권고하고 있다. 공학교육에 있어서 디자인 프로젝트는 팀단위의 공동노력을 강조하는 현실적인 요구에 부응하는 교수방법이다(Davis et al., 2002).

디자인 과정을 공학교육에 통합시키고자 하는 또 다른 원인은 디자인 활동을 통해 팀단위의 의사결정, 평가기준의 설정과 통합, 현실적인 대안의 발견, 현실적인 제한점들에 대한 고려 등의 보다 고차원적인 학습활동을 계획할 수 있기 때문이다. 때문에 공학교육자들은 여러 학문분야에서 활용될 수 있는 기초과목들의 경우 디자인 활동의 특성들을 감안한 코스설계를 권고하고 있다(Carroll, 1997). 예를 들어 본 연구에서 다루고 있는 재료역학도 이런 과목 중의 하나로 공학재료와 관련된 분야뿐만 아니라 항공공학, 건축학 등의 분야에 끌고루 응용될 수 있다.

학부 기초과목으로서 재료역학 수업에 디자인 활동을 통합한 시도는 이미 여러 공학교육자들에 의해 소개되었다. 단순한 개방형 프로젝트를 사용하거나(예: Carroll, 1997; Miller & Cooper, 1995) 난이도를 증가시켜가는 일련의 디자인 문제 해결 과정(예: Cottrell & Ressler, 1997)을 이용한 디자인 중심의 수업들은 이전의 전통적인 접근들이 해결하기 어려웠던 부분들에 새로운 대안을 제시해 주었다. 이런 시도들에서 다루었던 다양한 주제들(예: 재료의 선택, 최악의 경우를 가정한 모델링과 분석)은 디자인의 핵심을 이해하는데 많은 도움을 주었다.

그러나 공학교육과정의 재구성에 있어 디자인 활동의 중요성에 대한 인식에도 불구하고 디자인 학습의 효과에 대한 경험적인 연구는 아직 그 수가 많지 않다. 대개 학생들이 디자인 활동에 보여준 반응들이나 만족도 등에 대한 자료수집이 주종을 이루고 있다(Dutson et al., 1997). 본 논문은 디자인 학습 효과에 대한 보다 깊은 이해를 위해 Pennsylvania State University에서 2년간에 걸쳐 실시된 연구 결과이다. 본 연구의 목적은 학부과정의 학생들이 수강한 재료역학 수업을 통해 수업에 활용된 각종 교수방법의 가치에 대한 인식정도를 추적하고, 디자인 활동에 대한 가치부여 정도와 선수과목 학업성취도 사이의 관련성을 고찰해 본 것이다.

2. 디자인 수업설계 및 실시

재료역학은 펜실베이니아 주립대 전체 시스템을 통해 강의되는 과목중의 하나이나 본 연구에서 다루는 내용은 University Park 캠퍼스에서 진행된 내용이다. 주요 역학과목 중의 하나로서 재료역학은 여러 공학분야(예: 기계, 토목, 항공, 건축, 원자력 등)에서 필수과목으로 지정하고 있다. 재료역학 과목은 1997년 가을 이래로 대략 300여명의 학생들이 8개의 반으로 나누어 수강하고 있다.

디자인 활동을 감안하여 새롭게 수정한 재료역

학 과목의 목표는 (1) 기본개념의 학습과 문제해결 과정에의 응용, (2) 대안을 찾아내는 분석방법을 개방형 문제해결 상황을 통해 시도, (3) 기술적인 표준에 대한 이해, 그리고 (4) 기술적인 정보로부터 의사결정을 위한 핵심정보를 찾아내기로 구성되어 있다. 이 목표들을 달성하기 위해 다양한 디자인 주제들이 기존의 강의중심으로 이루어져 오던 내용에 접목되었다. 수업진행상의 기본 아이디어는 공학도들이 새롭게 습득한 개념들을 실제상황에 적용해 봄으로써 보다 실질적인 지식을 쌓도록 돕는 것이다. 이러한 활동들은 학생들의 학습동기를 유발하고 분석방법 학습에 새로운 이해를 촉진할 것이라는 가정 하에 시도되었다.

수업의 전반적인 골격은 이미 시행되어 오던 전통적인 강의(lecture)중심의 수업과 유사했다. 한 학기 수업은 기본개념에 대한 강의, 12개의 퀴즈, 3개의 시험, 그리고 학기말의 종합시험으로 구성되었다. 더불어 학업을 잘 따라오지 못하는 학생들을 위한 개인교수(tutoring)도 실시되었다. 그러나 이러한 기본골격에 더해 디자인 활동을 위한 수업진행상의 수정이 필요했다. 수업설계상의 변경은 (1) 디자인 방법론에 대한 강의 3개, (2) 디자인 개념을 전통적인 재료역학 주제에 통합시키는 것과 관련된 강의 5가지, 그리고 (3) 학생들 사이의 팀워크를 요구하는 8주 짜리 디자인 프로젝트로 구성되었다. 디자인 방법론을 학생들의 분석 활동에 통합시키기 위해서 포함시킨 주제들은 stress concentrations, bending, buckling, 그리고 power transmission였다. 각각의 주제들에 대한 디자인의 예들과 관련 정보를 담은 자료집(디자인 노트)은 미리 학생들에게 배포하였다.

3. 연구방법

1) 연구과정

디자인 학습에 대한 효과를 분석하기 위해 설문 조사를 통한 자료수집이 이루어졌다. 이 조사는 그 동안 디자인 활동을 실시한 재료역학 수업에 대한 강사들의 의견을 참조하여 이루어졌다. 이미

강사들의 관찰을 통해 보고된 내용에 따르면 디자인 프로젝트는 교수들의 예상과는 달리 시간소모가 많고 디자인 프로젝트가 정확하게 무엇을 원하는지가 분명히 전달되지 않아 학생들의 불안수준이 높다는 것이었다. 특히, 일반적으로 학업성적이 뛰어난 학생들의 경우 공동작업에 따르는 시간소모에 불만을 표했고 자신들이 더 많은 시간을 소모한다고 생각하는 것으로 나타났다. 교수들의 수업관찰을 통해 나타난 이상의 정보들을 보다 정확하게 파악하고자 1998년 가을학기에 질문지를 구성하여 자료수집을 실시했다. 학기초와 후반부 두 번에 걸친 설문지 조사를 실시하여 학생들의 디자인 프로젝트에 대한 관심사를 비교하였다.

2) 설문지 문항

설문지의 문항은 수업에 참여한 학생들이 디자인 프로젝트를 포함하여 재료역학 수업에 활용된 각종 교수방법(강의, 숙제, 퀴즈, 개인교수, 디자인 프로젝트, 디자인 노트, 교과서)에 대해 얼마나 가치를 부여하는지를 묻는 형식으로 제작되었다. 또한 학생들의 선수과목(Statics) 학점을 조사하고, 재료역학 수업이 각자의 전공과 공학공부 전반에 대해 얼마만큼의 가치가 있는지에 대한 평정도 실시하였다. 마지막으로 재료역학 수업에 대한 관심도에 대한 문항이 추가되었다. 학생들의 가치부여 문항에 대한 반응은 4점 척도(1:전혀 가치가 없다 - 4:매우 가치 있다)를 사용하였다.

3) 자료분석 방법

수집된 자료는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 활용하여 코딩한 후 분석되었다. 대부분의 자료분석은 학기말에 실시된 설문조사 결과를 활용하였다. 참여한 학생들에 대한 기술통계량 보고를 위해서 평균, 표준편차, 그리고 범위(range)를 조사하였다. 설문지 문항들 간의 관계를 알아보기 위해서는 상관관계계수(correlation coefficient)를 계산하였다. 선수과목 학점에 따른 학생들의 교수방법 평정점수를 비교하기 위해서는 일원변량분석(one-way analysis of variance)을 실시하였다. 선수과목

학점에 따른 학기초와 학기말 사이의 교수방법 평정점수 변화를 비교하기 위해서는 두 종속표본 t 검정(two dependent samples t-test)을 선수과목 학점별로 실시하였다.

4. 연구결과

설문조사에 참여한 학생들은 총 109명으로 학생들의 전공별 분포로 보면 기계 및 항공공학(44%), 토목 및 건축공학(31%), 산업공학(15%), 기타(10%) 순으로 나타났다. 이들의 선수과목(Statics)에 대한 점수를 보면 A(39%), B(38%), C(20%), 무반응(3%)으로 보고되었다.

재료역학 수업이 자신들의 전공과 공학공부와의 관련성에 대한 평정결과는 평균점수가 각각 3.42와 3.64를 보여(만점: 4.00) 상당히 높은 만족도를 보여 주었다. 그리고 재료역학 수업에 대한 관심도를 묻는 문항에 대해서도 평균점수가 3.24로 높게 보고되었다.

학생들의 교수방법에 대한 평정결과는 표 1에 요약되어 있다. 학생들의 평정결과 숙제, 교재, 강의에 대한 가치부여는 높은 반면 놀랍게도 디자인 프로젝트와 디자인 노트는 낮은 점수를 받았

<표 1> 교수방법에 대한 가치 평정결과

문항 \ 통계치	최소치	최대치	평균	표준편차
강의(lecture)	1	4	3.20	0.71
숙제	2	4	3.31	0.77
퀴즈	1	4	3.11	0.74
개인교수	1	4	3.11	0.92
디자인 프로젝트	1	4	2.91	0.88
디자인 노트	1	4	2.34	0.86
교재	1	4	3.31	0.74

다. 이 것은 재료역학 수업에 대한 높은 관심도에 불구하고 디자인 중심의 수업설계를 통한 공학 교육 개선노력에 반하는 결과로 나타났다.

학생들의 평정결과에 대한 이해를 더하기 위해 실시한 상관관계 분석결과는 표 2에 정리되어 있

다. 상관관계 분석결과 자신의 전공 및 공학일반과의 관련성 그리고 이 과목에 대한 관심 정도와 모두 통계적으로 유의미한 관련성을 보인 것은 강의(lecture)로 나타났다($r = .22, .24, .36$). 즉, 강의에 대한 가치를 높게 본 학생일수록 이 세 가지 문항에 대해서도 높은 만족도를 보인 결과이

다. 디자인 프로젝트는 이 세 문항과 통계적으로 유의미한 관련성을 보이지 못했다($r = .09, .11, .14$). 이 결과 역시 학생들은 전통적인 강의에 더 많이 의존하는 것으로 나타나 디자인 프로젝트의 효과에 대한 의문을 제기했다.

〈표 2〉 설문지 문항간 상관관계

문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 전공과의 관련성	1.0									
2. 공학일반과의 관련성	.34**	1.0								
3. 이 과목에 대한 관심	.50**	.32**	1.0							
4. 강의(lecture)	.22*	.24*	.36**	1.0						
5. 숙제	.10	.25**	.21*	.28**	1.0					
6. 퀴즈	.11	.19	.17	.11	.24*	1.0				
7. 개인교수	.08	.00	.13	.04	.12	-.01	1.0			
8. 디자인 프로젝트	.09	.11	.14	.19	.21*	.07	.04	1.0		
9. 디자인 노트	.21*	.07	.20*	.24	.06	-.01	.16	.44**	1.0	
10.교재	.13	.02	.26*	.06	.34*	.02	-.21	-.09	.01	1.0

* $p < .05$, ** $p < .01$

선수과목 성취도와 교수방법 평정 사이의 관련성을 알아보기 위해 일원변량분석을 실시한 결과 7개 교수방법 중 숙제(homework)에서만 유일한 차이를 보였다. $F(2, 104)=6.82, p < .01$. Tukey 사후검증 결과 선수과목에서 A와 B 그리

고 B와 C를 받은 그룹 사이에서 차이가 났다.

선수과목 학점별로 학기초와 학기말 사이의 교수방법 평정점수를 이용한 두 종속표본 t검정(two dependent samples t-test) 결과는 표 3에 요약되어 있다. 분석결과를 보면 대부분의 교수방법에

〈표 3〉 선수과목 성취도에 따른 교수방법 평정점수 변화

교수방법	선수과목(Statics) 성취도								
	A			B			C		
	학기초	학기말	t	학기초	학기말	t	학기초	학기말	t
강의(lecture)	3.21	3.26	.42	3.12	3.17	.36	3.18	3.18	.00
숙제	3.51	3.53	.27	3.38	3.00	-2.49*	3.63	3.40	-2.01
퀴즈	3.00	3.23	1.86	2.88	3.08	1.87	2.80	3.05	1.00
개인교수	3.20	3.04	-.68	3.19	3.28	.57	3.18	3.25	.27
디자인 프로젝트	3.09	2.69	-2.27*	3.21	3.03	-1.10	3.47	3.26	-1.45
디자인 노트	3.00	2.09	-4.37**	3.06	2.51	-3.98**	3.11	2.58	-3.04**
교재	3.35	3.37	.21	3.26	3.26	.00	3.04	3.22	1.28

* $p < .05$, ** $p < .01$

있어서 학기초와 학기말 사이의 점수 차는 보고되지 않았다. 세 그룹 모두에서 그 차이를 보고한 교수방법은 디자인 노트였고 학기말에서 더 낮은 점수를 보여 디자인 노트가 자신들의 학습에 도움이 되지 못했음을 보고했다. 이 결과에서 가장 흥미로운 부분은 A학점을 받은 그룹만이 디자인 프로젝트 평정점수에서 유의미한 차이를 보인 것이다. 즉, 선수과목에서 높은 점수를 보였던 학생들이 학기초에 비해 학기말에서 디자인 프로젝트에 대한 평정점수를 더 낮게 부여한 것이다.

5. 결 론

본 연구의 목적은 디자인 프로젝트를 활용한 재료역학 수업의 개선효과를 알아보기 위한 것이었다. 두 번에 걸친 설문조사를 통해 나타난 결과는 학생들은 디자인 프로젝트에 대해 그리 큰 가치를 부여하지 않았다는 것이다. 오히려 강의를 보다 의미 있는 학습의 통로로 이해하고 있는 것으로 드러났다. 특별히 이전의 선수과목에서 높은 점수를 받았던 학생들이 학기초에 비해 학기말에 이르러 디자인 프로젝트의 가치를 낮게 평가한 것은 2년여에 걸쳐 실시한 수업개선의 노력이 충분한 효과를 보이지 못했음을 의미한다.

설문조사를 통해 확인된 결과는 디자인 프로젝트를 활용한 수업개선에 많은 시사점을 던져 주고 있다. 비록 수업을 담당한 교수들이 많은 시간과 에너지를 써가며 디자인 프로젝트를 기획하고 준비했지만 이러한 노력이 학생들의 디자인 프로젝트에 대한 학습동기를 증가시켰다고 보기는 어렵다. 본 연구를 실시하기 전에 수집된 정보에 따르면 디자인 프로젝트가 지나치게 시간소모가 많고 학생들에게 분명한 방향제시를 못해주며 특별히 학업 성취도가 우수한 학생들에게 인기가 없다는 점이 보고되었다. 이러한 관찰결과는 이번 자료조사를 통해 보다 구체적으로 확인되었다. 비록 선수과목 학점에 따른 디자인 프로젝트 가치부여 점수의 유의미한 차이는 발견되지 않았으나, 선수과목에서 학업성취가 높은 학생들의 디자인 프로젝트

에 대한 가치부여 점수가 학기말에 더 낮아진 것은 수업개선을 위한 노력이 쉽지 않음을 말해준다. 따라서 향후 디자인 프로젝트를 활용한 수업개선을 위해서는 보다 구체화된 수업방향과 그에 따른 디자인 활동제시가 이루어져야 함을 발견하였다.

이번 연구의 자료조사에서는 구체적으로 다루지는 못했으나 연구과정을 통해 발견된 중요한 정보 중의 하나는 공동프로젝트의 평가방법에 대한 의견이었다. 상당수의 학생들 특히 전반적으로 우수한 성취를 보이는 학생일수록 공동프로젝트의 평가결과에 대한 만족도가 낮았고 특별히 자신의 공헌도가 과소평가 되고 있다는 반응을 보였다. 즉, 개인프로젝트로 진행할 경우 빠른 시간 안에 자신만의 know-how를 활용하여 다른 학생들과 차별화된 결과를 낼 수 있는데, 공동프로젝트의 경우는 시간은 시간대로 쓰고 자신의 공헌도가 제대로 평가되지 못하고 있는 것으로 보고되었다. 따라서 향후 디자인 프로젝트를 실시함에 있어 보다 더 철저한 준비와 새로운 대안을 준비하여야 할 부분은 신뢰롭고도 타당한 평가방법의 개발이다. 특히, 개인별 공헌도가 다른 경우 어떻게 이들의 개인점수를 산출해 낼 수 있는가 하는 점이 관건이 된다.

[참 고 문 헌]

- Black, K. M. (1994). An industrial view of engineering education. *Journal of Engineering Education*, 83(1), 26-28.
- Boone, J. V. (1992). *Plenary lecture: State of Engineering Education*. Proceedings of ASEE Midwest Section Meeting, Lawrence, KS, March 25-27.
- Carroll, D. R., Integrating design into the sophomore and junior level mechanics courses. *Journal of Engineering Education*, 86(3), 227-231.
- Cottrell, D. S. & Ressler, S. J. (1997).

- Integrating design projects into an introductory course in mechanics of materials.* ASEE Annual Conference Proceedings, Session 1268, Paper no. 2.
- Criteria for Accrediting Engineering Programs (2002). *Engineering Accreditation Commission*. Baltimore, MD: The Accreditation Board for Engineering and Technology.
- Davis, D. C., Gentile, K. L., Trevisan, M. S., & Calkins, D. E. (2002). Engineering design assessment processes and scoring scales for program improvement and accountability. *Journal of Engineering Education*, 91(2), 211-221.
- Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). A review of literature on teaching engineering design through project-oriented capstone courses. *Journal of Engineering Education*, 86(1), 19-28.
- Miller, G. R. & Cooper, S. C. (1995). Something old, something new: Integrating engineering practice into the teaching of engineering mechanics. *Journal of Engineering Education*, 84(2), 105-115.
- Runkle, D. (1993). *Plenary lecture: The role of engineering education in making industry competitive*. Proceedings of ASEE Midwest Section Meeting, Rolla, MO, March 29-April 1.