

창의적 공학설계방법론 교육에 관한 연구

이건상·김 강[†]
국민대학교 기계시스템공학부

A Study on the Education of Creative Engineering Design Methodology

Kun-Sang Lee · Kang Kim[†]
School of Mechanical Systems Engineering, Kookmin University

ABSTRACT

The needs for enhancing creativity in engineering design education continue to increase. Recent studies about a learning environment and learning support tools provide some new possibilities. The education of creative thinking however must begin from the change of attitude of students to creativity. The experimental results and some lessons for modification of systematic engineering design methodology to creative were reported from the course 'engineering design'.

Keywords: Creative engineering design methodology, Systematic engineering design methodology, Creativity in engineering, Engineering design education

1. 서 론

21세기 들어오면서 창의성이라는 표현이 교육계 뿐 아니라 산업계를 중심으로 이렇게 자주 우리들의 입에 오르내린 적이 없는 것 같다. 특히 다양한 개인용 IT 제품이 홍수같이 쏟아져 나오는 지난 몇 년간 이러한 개인적 요구에 대응하기 위해서 대책을 세워야 한다는 의견에 모두 동의하고 있는 듯하다. 동시에 왜 우리나라에는 이러한 상황에 대처할 만한 공학교육이 이루어지고 있지 않는가에 대한 질책이 대학교육 자체에 집중되고 있다.

이와 관련하여 대학의 공학교육에 창의적 문제해결 능력을 도입하는 시도는 진작부터 있어왔으며, 이에 대한 문제의식도 다양하게 논의되고 있다(곽문규, 2004; 김병식, 2001; 박강 외, 2005). 또한 지식정보사회 속에서 창의성은 엔지니어가 반드시 갖추어야 할 능력으로 인식되고 있으며, 창의성 교육프로그램을 공과대학 교과과정에 도입하는 것이 현 시대에 매우 중요하다는 데에 의견의 일치를 보이고 있다(민계식, 2007; 박철수, 박수홍, 정선영, 2010). 이에 따라 창의성 향상을 위한 프로그램이 종합적인 학습환경의 형태로 제공되어야 한다는 의견도 발의되고 있다(서혜애, 조석희, 김흥원, 2002; Treffinger, Sortore, & Cross, 1993). 이러한 인식에는 국내의 공학교육에서 창의성

교육은 창의성 기법에 집중된 표면적 기술 활용에 초점을 맞추고 있다는 인식이 깔려있기 때문이다(유봉현, 2000).

이를 극복하기 위해 창의적 인재양성을 위한 학습환경의 조성이 필요하며(구양미 외, 2006; 이경화, 2006), 특히 정보통신 기술 기반의 e-learning 환경이 효과적인 학습환경으로 평가되고 있다(구양미 외, 2006; 임철일 외, 2009; Jonassen, 1996; Grabe & Grabe, 2000). 이러한 추세에 맞추어 창의적 문제해결 과정을 지원할 수 있는 웹 기반 학습환경에 주목하여, 공학교육에서의 창의성 증진을 위한 정보통신기술 기반의 e-learning 요소를 포함하는 종합적인 학습환경 설계모형이 개발되었다(임철일 외, 2011). 이 외에도 학생 스스로 자신의 창의성을 판단하는 방법을 토대로 창의성 향상에 대한 교과목의 문화, 팀 영향인자 및 시간 영향인자의 역할을 연구하였으며, 교수와의 상호 교감이 창의력 증진에 도움이 된다고 주장하였다(Rush, 2005).

이러한 다양한 연구에도 불구하고 창의성 발휘를 위한 교육이 과연 적절히 이루어져 이 효과가 점차 나타나고 있는가를 판단하기는 어렵다. 물론 수많은 한국의 젊은이들이 국내 뿐 아니라 국제적으로 다양한 분야에서 두각을 나타내고 있는 것이 그 증거라고 한다면 그것 또한 일리 있는 지적이다.

그러나 창의력 증진을 위한 교육이 과연 외부적인 요인이나 주변 환경에 그렇게 많이 의존하는가에 대해서는 부정적이다. 주변 환경이 적절히 주어지지 못하면 창의적인 사고는 불가능하다는 말인가? IT 기술에 의한 도움이 없이는 창의성 증진은 어렵다는 말인가?

Received 12 January, 2012; Revised 13 January, 2012

Accepted 14 January, 2012

[†] Corresponding Author: kangkim@kookmin.ac.kr

지금까지는 공학 분야에서 창의적인 실적이나 업적이 없었으며, 공학교육은 창의성을 감소시키는 방향으로 이루어졌다는 말인가? 위와 같은 분석은 맞는 부분도 있고, 그렇지 않은 부분도 있다. 오늘날 우리가 누리고 있는 많은 공학적인 것들은 창의적인 사고의 산출물이라고 말할 수 있다. 그러나 공학교육에서는 창의적인 사고를 적극적으로 유도하지 못한 부분이 분명히 존재한다.

그런데 이러한 지적이 왜 최근 들어 더욱 강조되고 빈번하게 다루어지는가? 첫 번째 이유는 우리의 과학·기술 수준이 여러 분야에서 세계 최고수준의 위치에 근접하고 있기 때문이다. 이제 앞서고 있는 기업이나 개인을 빠르게 따라가는 시기를 지나, 스스로 최첨단의 것을 창출해내야 한다. 새로운 것을 만들어내기 위해 끈기만을 내세워 기다리고 있을 수는 없다. 다른 것들과는 차별화된 것을 빠른 시간 안에 만들어내기 위한 방법을 찾지 않을 수 없다. 두 번째 이유는 이 세상에 비밀이란 존재할 수 없을 정도로 빠르게 정보가 공유되기 때문이다. 다른 기업이나 개인의 업적을 적당히 훑어 내는 것으로는 정상적인 영업이나 연구를 지속할 수 없다. 비슷한 외관을 갖고 있다는 것이 특허소송의 이유가 되는 세상이다. 이렇게 절박한 상황에 처한 기업들은 차별화된 아이디어를 통해 부가가치가 높은 제품을 만드는 데에 전력을 기울이고, 이러한 작업에 조금이라도 도움을 더 줄 수 있는 직원을 선호하게 된다. 이러한 잠재력을 가진 졸업생을 배출하도록 대학에 요구하고, 대학의 공학교육에서 창의성을 가진 학생을 육성하라고 목소리를 높이고 있다. 창의성이란 것이 기업의 요구에 따라 부가가치가 높은 경쟁력 있는 제품을 만들어내는 것만을 위하여 의미 있다고 한다면, 그것은 인간이 추구하는 정신적 가치를 크게 훼손하는 것이다. 인간의 모든 활동은 그 활동 자체를 통해서 스스로 만족감을 느끼고, 자신의 발전을 도모할 수 있어야 한다.

앞의 참고문헌에서 제시한 접근방법들은 결국 공학교육에서의 창의성이라는 측면보다는 창의성 발휘를 도와주는 도구의 소개를 강조하고 있을 뿐이다. 그러나 이러한 도구의 효용성을 부정하는 것은 아니다. 도구는 그 나름대로 분명한 필요성이 있는 것이지만, 창의적인 문제해결을 위한 핵심에 도달하도록 하지는 못한다. 창의성 향상 또는 창의적인 문제해결의 핵심은 주어진 상황을 정확히 파악하고, 문제해결에 필요한 전문지식을 깊이 이해하고 있는 것이다.

본 연구에서는 창의적 사고의 적극적 활용을 위한 방안을 찾기 위하여 창의성에 대한 근본적인 의미를 고찰하고, 공과대학 기계 및 자동차 공학 전공에서의 공학설계 교과목 진행에서 얻은 경험을 토대로 창의적인 사고에 근거한 공학적 설계방법론에 대하여 논의하고자 한다.

II. 공학설계 방법론

1. 공학에서의 창의성

창의성이란 국어사전에서는 ‘새로운 것을 생각해 내는 특성’이라고 매우 단순하게 정의하고 있는 반면, Wikipedia에서는 Creativity refers to the phenomenon whereby a person creates something new (a product, a solution, a work of art, a novel, a joke, etc.) that has some kind of value라고 표현하고 있다. 즉 어떤 새로운 것(만드시 공학적 산물만이 아니라 해결방안, 예술작품, 문학작품, 대화내용 등 거의 모든 인간생활에 관련된 것을 의미함)을 만들어 낼 수 있는 능력인데, 이것은 어느 특정한 가치를 지녀야 한다고 정의하고 있다. 따라서 새로우면서도 어느 특정한 가치를 지니는 것을 만들어낼 때, ‘창의성이 있다’ 또는 ‘창의적이다’라고 말할 수 있다.

Mihaly Csikszentmihalyi는 “창의성의 즐거움”에서 창의성을 이루는 세 가지 구성요소는 영역, 현장 및 개인이라고 제안한다. 창의성은 개인의 능력에서 시작하여 특정 영역에서의 업적을 관련 현장에서 인정할 때 진정한 의미를 갖게 된다는 것이다.

어떤 개인의 창의성이 증진되어 적절히 발휘되기까지는 상당한 시간이 필요한 것이므로, 어느 개인의 창의성이 교육을 통해 향상되어 발휘되고 있다는 것을 증명하기란 대단히 어려운 일이다. 따라서 어떠한 교육방법을 적용하는 것이 더 효과적인가 하는 것도 간단히 말하기는 어려운 일이다. 그러나 최소한도 창의성은 개인으로부터 시작한다는 것만은 틀림없는 일이다. 따라서 창의성에 대한 교육도 개인을 근본적으로 변화시키는 데에 초점을 맞추어야 한다.

우선 창의성은 창의적 사고에서부터 시작되므로, 개인이 창의적 사고라는 것에 얼마나 관심을 갖고 있는가가 문제의 핵심일 것이다. 관심이 있어야 창의적으로 사고하려 노력할 것이며, 그에 따른 결과에도 관심을 가질 것이며, 문제를 해결하는 과정 자체도 창의적으로 이루어질 것이다. 결국 학생들의 마음가짐에 대한 교육이 우선되어야 할 것이다.

공학분야에서 창의성의 발휘는 공학적인 문제를 해결하기 위한 것이며, 문제의 해결이란 궁극적으로 공학적 시스템의 개발, 설계, 제작 및 사용을 의미한다. 앞에서 언급한 창의성의 정의를 창의적 공학설계에 확대시켜 보면 요구하는 분야에서 의미 있는 새로운 공학적 시스템을 만들어내는 것이다. 창의적 공학설계를 논하기 전에 체계적 공학설계 방법론에 대하여 검토하기로 한다.

2. 체계적 공학설계 방법론의 발전 역사

공학설계 방법론은 여러 가지 물리학의 이론은 차치하고 1800

년대 중반부터 그 기초를 잡아가기 시작하여 오늘까지 꾸준히 발전되어 오고 있다.

Pahl과 Beitz(1996년)는 공학설계 이론 발전의 역사를 대략 다음과 같이 정리하였다.

Redtenbacher(1853년)는 ‘역학과 기계공학의 원리’에서 충분한 강도 및 강성, 적은 마멸 및 마찰, 최소재료 사용, 경량, 조립용이, 합리성의 최대화에 대하여 관심을 집중하였다. Bach(1880년)와 Riedler(1913년)는 재질의 선택, 생산 방법의 선정, 충분한 강도 보상이 동등한 중요성을 갖고 상호간에 영향을 준다고 하였으며, Roetscher(1927년)는 효과적인 하중경로는 최단경로로, 또한 굽힘 모멘트보다 축방향 하중 힘으로 전달되어야 한다고 하였다. Laudien(1931년)은 강제 결합은 하중 방향에 따라야 하지만, 유연성이 요구되면 간접적 하중 경로를 따르는 것이 바람직하며, 이를 통해 불필요한 요소를 빼고 단순하고 경제적인 구조로 절약할 수 있다고 하였다. Erken(1928년)은 현재의 체계적인 발상을 개척하였다. 계속적인 시험과 평가에 근거한 단계적 접근 방법뿐만 아니라 상충되는 요구사항들의 균형이 발상 회로망이라 할 수 있는 설계가 나타낼 때까지 계속되어야 한다고 하였다. Woegenbauer(1941년)는 전체 과제를 부분과제로 분할하고 이를 다시 주과제와 보조과제로 구분하였으나, 체계적인 형태제시에는 실패하였다. Franke(1948년)는 상이한 물리효과를 바탕으로 한 논리-기능 유추를 이용하여 동력전달 시스템에 대한 광범위한 구조를 개발하였다. Kesselring(1942년)은 형태 설계 이론을 개척하여, 기술적 및 경제적 기준에 따른 형태 변이의 평가를 실시하였다. 이에 따라 최소 생산비의 원칙, 최소 공간 요구의 원칙, 최소 무게의 원칙, 최소 손실의 원칙, 최적 조작성의 원칙 등을 제안하였다.

Tschochner(1954년)는 기본 설계 인자로 작용원리, 재료, 형태 및 크기를 들었으며, 이들은 상호 연관되어 있고 제한 조건과 제품의 수량 및 가격에 의해 좌우된다고 하였다. Niemann(1950년)은 체계적 설계의 개척자이며, 과제 정의, 가능한 해결안의 체계적 변이 및 최종 해결안 선정에 대한 이론을 발전시켰다. Matousek(1957년)은 작용원리, 재질, 제작, 형태를 설계의 4가지 필수 인자로 제안한 Woegenbauer의 이론에 따라 전체적인 작업계획을 완성하였다. Leyer(1963년)는 구체설계 단계에서 형상설계의 원칙이나 규칙을 강조하였는데, 그 예로는 균일한 벽두께의 원칙, 경량구조의 원칙 및 최단 하중경로의 원칙 등을 제안하였다. Mueller(1970년)는 설계 과정의 이론적이고 추상적인 특성을 제시하였으며, Rodenacker(1970년)는 요구되는 작용구조를 논리적, 물리적 및 구체적 관계에 의해 단계별 해결하는 방법을 제안하였다. Kuhlenkamp(1971년), Richter(1974년), Brader(1974년)는 해결안의 선정과 제품 최적화에

컴퓨터의 이용을 가능하게 하는 결합 알고리즘, 수학적 시뮬레이션, 최적화 과정을 제안하고, 신호처리를 위한 전기-기계 시스템을 주로 다루었다. Waechter(1969년)는 제어와 학습과 같은 인공지능학적 개념으로부터 유추하여 창조적 설계는 학습과정의 가장 복잡한 형태라고 주장하고, 최적화 목적에서 설계 과정은 정보의 귀환을 반복하는 제어과정처럼 동적으로 다루어져야 한다고 하였다. 따라서 학습과정은 정보의 수준을 향상시키고 해결안 탐구를 가속시킨다고 하였다. Ilmenaw School of Hansen은 1950년대 초 체계적 설계안을, 1965년에는 광범위한 설계 시스템을 제시하였다. 여기에서 기본 원리 그리고 작용원리의 분석, 개선, 평가 및 선정에 대하여 기술하였다. 또한 Hansen은 1974년 ‘설계의 과학’에서 설계과정과 기술 제품의 본질에 대한 정의를 위해 시스템 분석과 정보 이론을 이용하였다. Beitz(Berlin 공대, 1970년대 이후)는 설계의 시스템 기술을, Pahl(Darmstadt 공대, 1970년대 이후)은 설계 방법을 연구하여 그 결과를 공동으로 집필하였다. Roth(1965년)는 설계카탈로그를 제안하여 제품 정의 자료, 제품 묘사 모델을 정리하였다. 또한 설계과정을 문제 구성 단계, 기능화 단계, 구체화 단계로 분할하였다. Franke(1988년)는 설계과정의 반복적 성격과 설계자 창조성이 중요함을 강조하였다. Gierse(1981년)는 동력전달 분야의 체계적 분석과정에서 가치 분석의 기본 단계를 강조하였다. Koller(Aachen 공대, 1970년 이후)는 설계 과정의 알고리즘화로 컴퓨터 이용을 촉진하였으며, 설계과정의 기능통합, 질적 통합, 양적 통합의 세 단계로 분할하였다. Hubka(Zuerich 공대)는 설계과학의 기반을 확립하고, 설계자의 활동 지침을 정하였다. Schregenberger(1981년)는 설계에서 방법적, 의식적 문제해결 프로그램을 제안하였으며, Erlenspiel(Muenchen 공대)은 가격

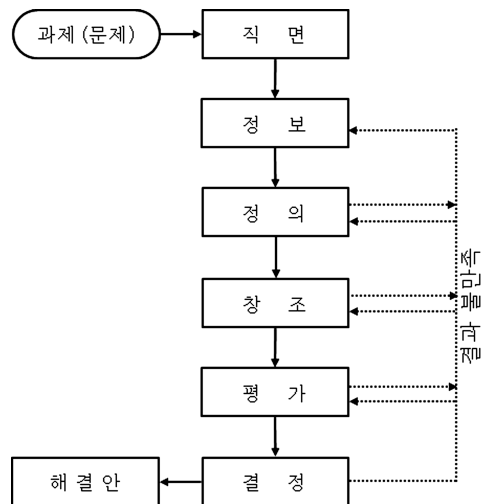


Fig. 1 Steps of General Problem Solving

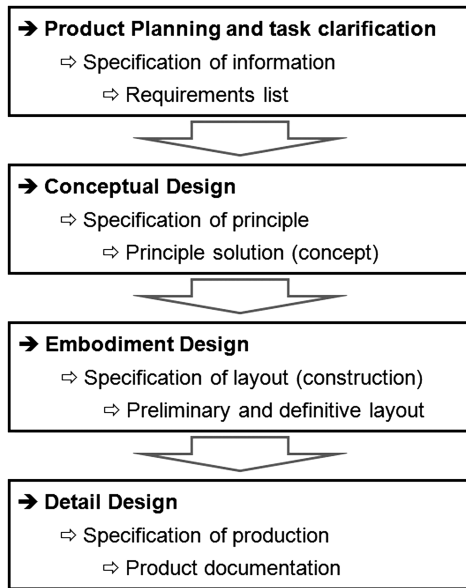


Fig. 2 Steps of Systematic Engineering Design

을 고려한 설계를 제안하였다. Birkhofer(Darmstadt 공대)는 Pahl, Beitz, Roth의 설계방법론을 발전시켰으며, 산업현장에 응용하고, 선정과 평가 분야에 대하여 주로 연구하였다. 그 외에도 동독, 영국, 미국 및 일본 등에서 여러 학자들이 설계 이론에 관하여 연구하였다.

이러한 여러 학자들의 연구를 바탕으로 설계방법론으로 발전시킨 학자는 독일의 Pahl과 Beitz 두 교수이며, 자신들의 연구와 현장경험을 바탕으로 체계적인 설계방법론에 대한 방대한 저술('Methodisches Konstruieren')을 완성하였다. 일반적인 문제해결 절차는 Fig. 1과 같으며, 이를 확대하여 공학적 설계방법을 제안하였다. Fig. 2에서는 Pahl & Beitz(1996)에 의해 제안된 공학적 설계 절차를 4가지 단계로 정리하였고, 각 설계단계에서 수행해야 할 목표와 도출해야 할 산출물을 표시하였다. Fig. 3에서는 Fig. 2의 각 설계단계에서 수행해야 할 상세한 내용을 표시하였다. 여기에서 제시한 각각의 설계단계는 필요에 따라 어느 특정 단계를 생략하고 넘어갈 수도 있다. 또한 요구사항 목록에 맞추어 보아 불만족스러운 부분은 그 단계를 거슬러 올라가 부족한 부분이 발생한 단계부터 다시 반복할 수 있다. 이러한 단계를 성실하게 진행하게 되면 요구사항에 맞는 공학적 설계안에 도달할 수 있다.

III. 창의적 공학설계 방법론

1. '공학설계' 교과목 운영

'공학설계' 교과목은 3학년 필수교과목으로 공학설계의 절차를 학습하며, 동시에 팀별로 과제를 선정하여 한 학기동안 제작에 필요한 모든 문서를 완성하는 것을 목표로 하고 있다. 강의는 Pahl & Beitz가 제시한 '체계적 설계방법론'에 기초하여 설계의 각 단계를 다루면서, 이와 병행하여 학생들은 팀을 형성하여 그에 해당하는 설계작업을 진행하게 된다. 각 단계별로 팀별 보고서를 제출하며, 중간발표와 최종발표를 진행한다. 팀 별 진행상황은 매주 수업시간을 통하여 점검하고, 팀 별로 질의응답 시간을 가졌다. 학기 초에 MBTI 검사를 통하여 학생들의 성향을 분석하여 가능한 한 다양한 성향을 가진 학생들이 분포하도록 팀을 구성한다. 이렇게 구성된 팀은 교수가 제시하는 폭넓은 주제 속에서 팀 구성원의 논의를 통하여 구체적인 과제를 선정한다. 이렇게 선정된 팀별 주제를 발표하여 주제의 방향이나 범위를 조정한다. 예를 들어 학생의 학습성취도 향상이나 건강증진을 위해 사용할 수 있는 학교 내의 시설을 개발하는 것을 큰 주제로 주면, 각 팀에서는 논의를 거쳐 팀 별 세부주제를 선정한다. 이러한 팀 별 세부주제를 전체 학생들 앞에서 발표하여 자신들의 세부주제와 비교 점검하고, 주제의 방향이나 범위 등

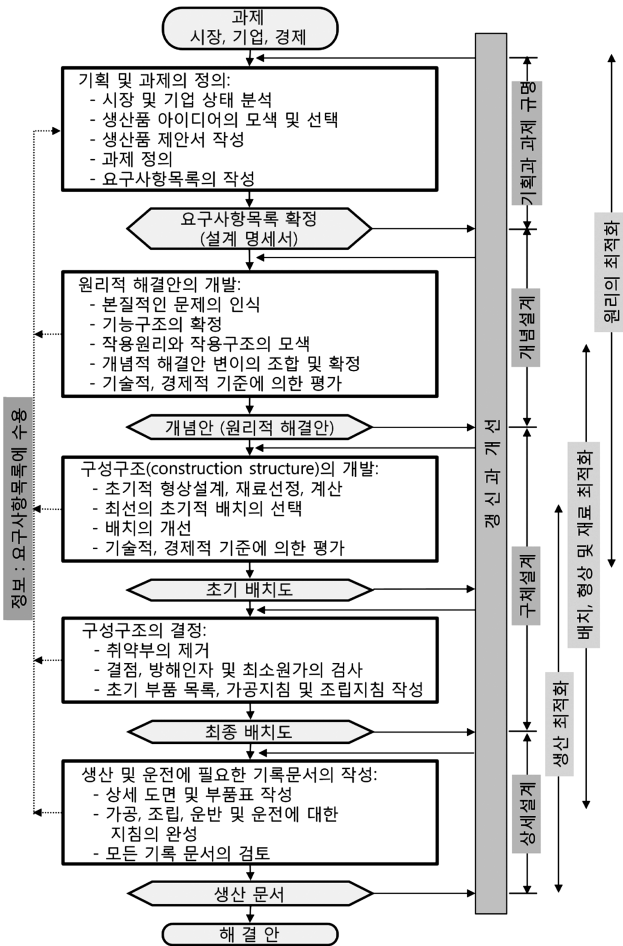


Fig. 3 Details of Systematic Engineering Design

을 조율하고 최종 세부주제를 결정하여 팀 보고서로 제출하게 된다.

학생들의 창의력 증진을 위해서는 학생 스스로 창의력에 대한 관심을 높일 수 있는 방식으로 진행하였다. 공학과 관련된 창의적인 작품이나 제품들을 보여주고 스스로 느끼고 생각해보도록 하였다. 다빈치의 작품, 가우디의 건축물, 에디슨의 작품들, 벤츠와 포드의 자동차, 다이슨의 청소기나 선풍기, 베르베르의 작품세계, TRIZ에 대한 소개 등 특정한 영역에 구애받지 않고 학생들의 모든 감각기관을 동원하도록 유도하였다. 교내에서는 조형전(의상디자인, 공업디자인, 금속공예디자인, 미디어디자인, 도예디자인 등)이 열릴 때에 이를 참관한 후 얻은 아이디어를 공학적 설계와 연계시키도록 하였다. 교외에서는 tech+가 개최될 때에 이를 참관한 후 여기서 얻은 느낌을 공학적 설계와 연계하여 생각하도록 하였다. 이러한 내용들을 개인보고서로 제출하도록 하였다. 보고서의 내용은 일반적인 아이디어에 머무르는 경우가 많았으나, 최소한도 이러한 방향의 생각을 시도해 보았다. 앞으로는 이렇게 창의적인 노력을 해볼 수 있겠다 하는 마음가짐의 변화가 위로를 주었다.

TRIZ의 시스템 발전 이론에 따르면, 이상적인 시스템은 기능만 제대로 작동한다면 시스템이라는 틀을 벗어버려야 한다. 궁극적으로 시스템은 최소화되는 방향으로 발전하고, 그 기능은 자연스럽게 작동하여야 한다. 마찬가지로 창의성 발휘를 도와주는 틀(즉 시스템)도 최소화되어야 하지만, 그 효과는 유지되어야 한다. 즉 처음부터 틀을 강조하여 반드시 모든 단계를 따라야 한다고 강제할 필요는 없으며, 근본적으로 얻고자하는 효과(창의성 발휘)는 지속적으로 나타나도록 하면 된다. 본 강좌에서도 틀이라는 구속조건(창의성 증진을 위해 이것을 해라, 저것은 하지 말라 등의 구속)을 최소화시켜 학생들이 진행하는 창의적 사고의 과정을 방해하지 않도록 하였다.

팀 별 과제 진행의 초기 단계에서는 인터넷을 차단하고, 물리, 화학, 수학 등의 기본 이론 관련 문헌만을 참고할 수 있도록 하였다. 인터넷 검색을 통하여 유사한 또는 동일한 주제에 대한 해답을 찾기 위해 수많은 시간을 보내고, 결국은 그것을 모방하는 데에 그치지 쉽다. 인터넷은 유사 과제의 해결안을 탐색하는데 필요한 것이 아니라, 근본적인 문제해결에 필요한 이론, 정보 또는 필요한 부품을 구하는 데 사용되어야 한다. 그러나 인터넷은 시간과 장소에 구애받지 않고 팀 구성원 간의 의사소통을 유지하기 위해 사용할 수 있는 장점도 갖고 있다. 이러한 지침에도 불구하고 많은 학생들은 인터넷 검색을 통해 자신들의 과제의 해답을 찾고 있었다. 과제 진행 초기에는 자신에게 주어진 문제를 대면하여 문제의 핵심을 파악하고, 이를 위해 필요한 정보가 무엇인지, 필요한 과학 및 공학 이론은 무엇인지 확인하고,

부족한 부분은 학습을 통해 이해의 폭을 넓혀야 한다. 이러한 측면을 학생 스스로 충분히 이해하고, 이를 실천할 때에만 효과가 있을 것이다. 결국 많은 학생들이 다른 이들이 작업한 것을 모방하는 수준에 머무르고 말았다.

이와 관련하여 주어진 프로젝트는 반드시 자신의 노력으로 해결하여야 하며, 이에 상응하는 평가방법을 동원하여 평가가 이루어지도록 하였다. 담당교수는 프로젝트 진행에서 보조적인 역할만을 수행하면서, 결론이나 결정으로 유도하는 암시를 주지 않도록 주의하였다. 모든 의사결정에 대한 책임을 학생 각자가 저야함을 인지하도록 여러 차례 강조하였다. 이러한 과제 진행 방법은 특히 한국의 주입식 교육에 익숙한 학생들에게는 매우 고통스러운 과정이었다.

2. 창의적 공학설계 방법론 교육을 위한 제언

창의적 공학설계 방법론의 핵심은 체계적 공학설계 방법론에 창의적 사고를 어떤 방식으로 접목시키느냐 하는 것이다. 각 설계과정은 여러 가지 의사결정 순간들의 연속이다. 의사결정을 올바르게 하기 위해서는 주어진 요구사항을 충족하는 적절한 대안들을 준비하고, 적합한 평가기준에 따라 평가한 후 결정할 수 있어야 한다. 여기서 적절한 대안들을 준비하는 과정에 창의적 사고를 적극적으로 활용하여야 한다. 즉 어느 특정한 설계 단계에서 창의적 사고를 적용하는 것이 아니라, 모든 의사결정이 이루어져야 하는 단계에서 창의적인 사고와 판단이 이루어져야 한다. 이를 위해서 다음과 같은 몇 가지 사항을 창의적 공학설계 방법론 교과목 운영을 위하여 제안한다.

① 학생 각자의 전공지식에 대한 깊은 이해가 필요함:

전공지식이 부족한 가운데 공학문제를 해결할 수 있는가? 창의성 이전의 문제다. 전공지식에 대한 이해 없이 팀 작업을 통한 협력이 가능한가? 전공지식에 능숙한 학생에게 미루게 되고, 결국 그 팀에 무임승차하게 된다. 따라서 본격적인 프로젝트 진행 이전에 관련 전공지식을 충분히 이해하고 있는 수준에 도달하였는가를 평가하는 단계가 필요하다. 각 전공지식에 대한 충분한 이해는 각 교과목에서 이미 이루어졌어야 하지만 그렇지 못한 경우가 매우 많다. 전공지식을 통합된 문제 해결에 적절히 적용하는 능력은 종합설계 교과목 진행을 통하여 이루어질 수 있다.

과제 진행의 중간에 2~3번 정도 팀 구성원이 각자의 역할을 적절히 수행하고 있으며, 과제 해결을 위해 전공지식을 충분히 이해하고 있는지 확인할 필요가 있다. 팀 구성원 모두 전공지식이 부족한 경우, 최악의 팀 구성이 될 것이다. 팀 구성원은 팀워크의 필요성과 장점을 충분히 이해하고 활용할 수 있어야 한다.

② 교수 자신도 과제에 대한 충분한 이해를 가져야 함:

지도교수가 과제 진행상 의사결정에 참여해서는 안 되지만, 학생들의 과제진행에 따른 의식의 흐름을 이해하고 있어야 한다. 즉 교수 자신이 전공지식에 대한 충분한 이해와 함께 학생들의 과제 진행상의 흐름을 확실하게 이해하고 있어야 한다. 다양한 분야의 전공지식이 필요할 경우, 여러 전공분야의 교수가 함께 지도하여야 한다. 교수의 체면을 세우기 위해 학생들의 희생에 눈을 감아서는 안 된다. 또한 수업진행은 원칙적으로 공개할 수 있어야 한다. 일 년에 한 번 정도는 동료교수들이 강의진행을 참관하며 서로 조언과 격려를 아끼지 않는 열린 교육풍토가 조성되어야 한다.

③ 학생들은 문제 해결을 위해 충분한 시간을 할애하여야 함:

문제 해결을 위한 몰입이 이루어지기에는 어느 정도의 워밍업 시간이 필요하므로, 외부의 방해받지 않고 작업을 진행할 수 있는 독립되고 방해받지 않는 공간이 필요하다. 이 공간이 반드시 넓거나 어떤 특정한 장치를 갖출 필요는 없다. 야간에도 편리하게 작업할 수 있는 안전이 보장된 공간이 필요하다.

④ 시제품 제작에 필요한 지원이 필요함:

과제진행에 따라 기능 확인에 필요한 시제품 또는 부품을 제작할 수 있는 공간과 도구가 필요하며, 가능하다면 지원 인력이 상주하는 것이 바람직하다. 그러나 모든 작업을 지원인력에 의존할 수는 없으므로, 어느 정도의 교육을 받아 자신의 문제는 스스로 해결할 수 있는 정도의 가공작업 기술을 갖추어야 한다.

⑤ 공학설계 프로젝트에서는 통합적인 접근을 추구해야 함:

기구부와 제어부 등의 적절한 구성을 통해 원하는 동작을 실행할 수 있으나, 에너지 활용이나 온실가스 배출 측면에 대한 접근이 없으면 제품개발의 완성성 측면에서 문제가 발생하는 것이다. 개발 제품에 대한 에너지 절약이나 관리, 환경오염 등에 대한 관점을 함께 다루어야 한다. 에너지가 차지하는 비중이 적을지라도 모든 프로젝트를 총합적으로 균형을 잡아 접근하는 인식을 갖도록 하여야 한다.

⑥ 창의적 사고에 대한 학생 개인의 인식이 중요함:

학생들이 창의성을 발휘하여 작업을 진행하도록 지속적으로 자각시켜야 한다. 반복적으로 수업시간마다 창의성에 대한 호기심을 유발시켜 주의를 환기시킨다. 관련 예를 설명하여 창의성 발휘를 위한 불씨를 던져야 한다.

⑦ 창의적 사고를 위한 다양한 도구는 소개하되, 그 사용은 학생 각자의 자율에 맡기도록 함:

도구는 도구일 뿐이지 그것이 문제를 창의적으로 해결해주는 핵심은 아니다. 도구 사용 이전에 문제를 한 번 더 깊이 이해하도록 노력하고, 그에 적합한 전공 이론이나 지식을 찾는 것이 더욱 중요하다.

⑧ 학생들은 체계적 설계방법론을 충분히 이해하고 적용할 수 있는 수준이 되어야 함:

체계적 설계방법론에서 제시하고 있는 설계 단계는 학생들의 사고과정을 구속하는 것이 아니라 오히려 자유롭게 하려는 것이다. 각 단계를 충분히 이해할수록 제외해야 할 단계는 무엇이며, 반복해야 할 단계는 무엇인지를 명확히 할 수 있다. 설계 단계라는 틀은 안 보일수록, 느끼지 못 할수록 바람직하지만, 진행과정에서 너무 벗어나지 않도록 방향을 잡아주는 데에 도움을 줄 수 있다. 설계단계 진행을 소프트웨어로 개발하여 사용할 수도 있으나 궁극적으로 간접적인 도구나 시스템으로는 해결하기 어렵다. 작업자가 충분히 이해하고 설계를 진행하는 것이 바람직하다. 또한 설계 진행과정 각 단계에서의 산출물이 무엇인지 인지하여야 다음 단계로의 진행이 확실해진다. Rush(2005)에 따르면 설계진행의 방향을 바로 잡는 작업을 지도교수와의 상담을 통하여 진행하게 되면 창의력 향상에 도움을 준다.

⑨ 체계적으로 만들어진 설계 작업의 샘플은 학생들의 작업에 많은 도움을 줌:

그러나 주의할 점은 그 샘플에 주어진 의사결정 내용이나 세부적인 설계 내용을 최상의 것으로 받아들여 답습하는 경우가 많다. 따라서 샘플은 주어진 프로젝트와는 무관하거나, 매우 거리가 먼 것을 예로 드는 것이 바람직하다. 또한 샘플은 단지 하나의 예라는 인식을 반복하여 학생들의 마음에 새기도록 하여야 한다. 그 외에도 학생들이 의사결정을 할 때에는 판단에 결정적인 조언을 하면 안 된다. 학생들은 그것을 정답으로 오해하고, 나중에 그 결정의 책임을 교수에게 돌리는 경우가 종종 있다. 모든 의사결정은 학생들이 스스로 해야 하며, 그에 따른 결과에 대한 책임도 그들이 져야한다는 것을 분명히 인식하도록 하여야 한다.

⑩ 창의적 사고에 대한 부분이 평가에 포함된다는 것을 명확히 하여야 함:

창의적 사고의 결과에 대한 평가 시, 결과물 뿐 아니라 그 과정 자체에 대한 평가도 이루어져야 하며, 이러한 방식으로 평가가 이루어진다는 것을 학생이 명확하게 인지하도록 하여야 한다. 최종 결과물은 다른 학생들의 결과물과 비교하여 상대적으로 평가하는 것이 아니라, 그 자체의 과정에 대한 적절성(전공 지식의 정확한 이해 및 적용, 논리적 사고 전개, 적절한 의사결정 과정 등)을 절대평가 하여야 한다.

IV. 요약 및 결론

대학교 공학교육에서 창의성 증진을 위한 교육이 필요하다는 요구가 점점 증가되고 있다. 그에 대한 해결방안으로 여러 가

지 도구와 교육환경조성을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 창의적 사고를 위한 교육은 외부적인 도구개발에서 해결책을 찾기 이전에 창의성에 대한 학생들의 인식을 바꾸는 것으로부터 시작되어야 한다. 체계적인 설계방법론의 교육을 창의적이고 체계적인 설계방법론으로 발전시키기 위하여 교육 현장에서 얻은 경험을 바탕으로 몇 가지 제언을 하였다.

- ① 학생 각자의 전공지식에 대한 깊은 이해가 필요함
- ② 교수 자신도 과제에 대한 충분한 이해를 가져야 함
- ③ 학생들은 문제 해결을 위해 충분한 시간을 할애하여야 함
- ④ 시제품 제작에 필요한 지원이 필요함
- ⑤ 공학설계 프로젝트에서는 통합적인 접근을 추구해야 함
- ⑥ 창의적 사고에 대한 학생 개인의 인식이 중요함
- ⑦ 창의적 사고를 위한 다양한 도구는 소개하되, 그 사용은 학생 각자의 자율에 맡기도록 함
- ⑧ 학생들은 체계적 설계방법론을 충분히 이해하고 적용할 수 있는 수준이 되어야 함
- ⑨ 체계적으로 만들어진 설계 작업의 샘플은 학생들의 작업에 많은 도움을 줌
- ⑩ 창의적 사고에 대한 부분이 평가에 포함된다는 것을 명확히 하여야 함

이 논문은 국민대학교 교내연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

참고문헌

1. 광문규(2004). **창의적 공학설계 교육 현황 및 발전 방안**. 동국대학교 자료.
2. 구양미·김영수·노선숙·조성민(2006). 창의적 문제해결을 위한 웹기반 교수-학습 모형과 학습환경 설계. **교과교육학연구**, 10(1): 209-234.
3. 김병식(2001). 공학교육의 미래. **공업화학 전망**, 4(1): 8-12.
4. 민계식(2007). **산업계에서 원하는 조선공업의 인재상과 공학교육의 방향**. 현대중공업 CTO 서울대 특강 자료.
5. 박강·김병재·김영욱·박용원·장혁수(2005). **창의공학**. 서울: 서현사.
6. 박철수·박수홍·정선영(2010). 창의적 문제해결 교수학습방법의 대학수업에의 적용가능성에 관한 연구. **한국공학교육학회**, 13(1): 23-37.
7. 서혜애·조석희·김홍원(2002). 창의성 계발 교수 학습 모형 및 자료 개발 연구. **연구보고 RR 2002-OX**. 한국교육개발원.
8. 이경화(2006). CPS를 활용한 미래도시건설 프로젝트 수업이 아동의 창의성과 문제해결력 향상에 미치는 효과. **교육심리연구**, 20(2): 487-506.
9. 임철일·윤순경·박경선·홍미영(2009). 온라인 지원 시스템 기반의 '창의적 문제해결 모형'을 활용하는 통합형 대학 수업 모형의 개발. **교육공학연구**, 25(1): 171-203.
10. 임철일·홍미영·이선희(2011). 공학교육에서의 창의성 증진을 위한 학습환경 설계모형. **공학교육연구**, 14(4): 59-66.
11. Jonassen, D. H. (1996). *Computers in the classroom*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
12. Grabe, M. & Grabe, C. (2000). *Integrating the internet for meaningful learning*. Boston: Houghton Mifflin Company.
13. Treffinger, D., Sortore, M., & Cross, J. (1993). *Programs and strategies for nurturing creativity*, In K. A. Heller, F. J. Monks & A. H. Passow(eds.), *International handbook for research on giftedness and talent*. Oxford: Pergamon.
14. Monica R. Rush (2005). *Creative Thinking in Engineering Education: Lessons from Students at the MIT*. Master of Science Thesis.
15. Pahl & Beitz(1996). *Engineering Design*. 2nd Edition. Springer Verlag.