Journal of Engineering Education Research
Vol. 24, No. 3, pp. 3~10 May 2021

pISSN: 1738-6454 / eISSN: 2713-8283 / THESIS-20-059
https://doi.org/10.18108/jeer.2021.24.3.3

공학설계의 교수·학습적 개념 고찰

이영태* · 정재원**†
*한국교육과정평가원 부연구위원
**한국교육개발원 부연구위원

An Investigation on the Concepts of Teaching and Learning in Engineering Design

Lee, Youngtae* · Jung, Jaewon**†
*Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation
**Associate Research Fellow, Korean Educational Development Institute

ABSTRACT
The purpose of this study was to explore the theory behind creative engineering design instructional characteristics. This study was conducted as a literature review to derive engineering design instructional characteristics. The results showed that there are three primary characteristics: learner-centered instructional activities, collaborative communication interactions, and multidisciplinary convergence to promote creative thinking. This study was meaningful in that it identified creative engineering design instructional characteristics based theoretical considerations of engineering design and engineering design education. Therefore, it is expected that the results of this study will contribute to the development of creative engineering design instructional models.

Keywords: Design, Engineering design, Learner-centered, Interaction, Convergence

I. 서 론

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 대학교육은 전통적으로 학생들에게 지식을 주입하는 획일적인 교육에서 벗어나 학생의 경험을 중시하는 교육으로 바뀌고 있다. 대학은 대학교육 혁신의 필요성을 공감하며, 혁신에 대한 목적의식을 가지고 급변하는 사회 변화에 대응하기 위해 필요한 역량이 무엇인지에 대해 고민하고 있다. 또한 학습을 통해 창조하고 만들고, 공유하고 참여하는 경험을 통해 필수역량을 습득하고, 이러한 필수역량을 함양시키기 위한 교수·학습 방법과 학문적 가치뿐만 아니라 사회적 가치와 개인 삶의 가치를 추구하는 교육으로 변화하기 위한 다양한 시도가 이어지고 있다. 특히 공학은 인간이 직면하게 되는 현실적인 문제를 해결함으로써 인류의 발전을 이끌어가는 학문(김태훈, 2015)으로, 현실적 문제의 복잡성과 이를 해결함에 있어 창의성은 사회적 요구이자 공학인에게 요구되는 필수역량으로 강조되고 있다. 이로 인해 지난 몇 년 동안 공학교육 분야에서도 창의성 함양을 위한 설계교육과정과 창의적 문제해결을 위한 교수·학습방법 등 창의적 인재 양성을 목적으로 많은 노력이 시도되고 있다.

그 중에서 공학설계는 실제적 문제에 대해 공학적 요소를 통해 해결안을 도출하는 전 과정을 경험하는 것에 중점을 두어 교육과정을 설계하고 교수·학습방법을 적용하고 있다. 특히 공학교육인증에서 공학설계는 프로그램 학습성과와 관련된 설계교과목 간의 이수체계, 기초설계에서 종합설계까지의 설계교육 교육과정, 팀 기반의 교수·학습방법, 설계와 관련된 학습내용, 공학적 제한조건의 실행 등 공학설계 운영실적에 대해서 세밀하게 평가되고 있다(한국공학교육인증원, 공학교육인증기준 2015). 이와 같이 공학교육인증에서 공학설계를 교육과정과 교수·학습방법 측면에서 중요한 평가기준으로 삼고 있다는 점에서 공학설계는 공학교육을 운영하고 실행하는 데 있어 중요한 요소임을 알 수 있다.

또한, 공학설계는 창의적 문제해결을 위한 공학교육의 운영과 실행차원에서 뿐만 아니라 다양한 연구에서도 공학설계 관련 연구들은 수업에서 공학설계를 어떻게 가르쳐야 할지에 대한 교수·학습방법을 탐색하거나(이종수, 2008; 신선희, 2009; 윤나리, 2012; 박세호, 2012; 유경현, 2020), 공학설계와 학습

Received October 22, 2020; Revised April 29, 2021
Accepted May 6, 2021
† Corresponding Author: jungj5@kedi.re.kr
©2021 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

성과의 관계성을 밝히고 있으며(백윤수 외, 2003; 강소연 외, 2005), 공학설계의 교수·학습과정으로서 창의적 문제해결과정을 다루는(박수홍 외, 2008; 송신철 외, 2017, 박상태 외, 2020) 등 공학설계의 교육적 효과성과 효율성을 높이기 위한 다양한 탐색을 시도하고 이를 기반으로 공학설계의 중요성을 설명하고 있다.

공학설계는 기존 공학교육이 기술자적 자질만을 강조하여 전공지식과 기술의 습득만을 위한 교수자 중심의 수업을 중요시하던 것에서 벗어나 학습자 간의 협력적 상호작용 능력을 요구하는 학습자 중심의 수업을 강조하는 것으로의 변화를 이끌었다(이영태·박진석, 2014; 권성규, 2019). 이와 같이 공학설계는 공학교육 패러다임의 변화를 촉진시키고, 창의적 문제해결을 위한 공학교육의 방향성을 제시하며, 공학교육의 운영과 실행 차원에서 세부적인 가이드 역할을 하고 있다.

그러나 공학교육에 있어서 공학설계는 공학의 개념에 충실하고, 학생들의 창의적 문제해결능력을 함양시키기 위한 공학교육의 핵심적인 역할을 하고 있음에도 불구하고, 공학설계에 대한 개념적 접근에 근거한 공학설계방법론에 대한 규명은 이루어지지 않은 실정이다. 특히 공학설계 수업을 진행하는 교수자나 교육과정을 개발하고 운영하는 설계자 및 학교 운영자에게도 공학설계는 여전히 어려운 과제로 남아 있다. 또한 기존의 연구들에서도 공학설계의 개념적 접근이나 문제해결을 위한 공학설계과정에 대한 교수·학습적 접근을 바탕으로 한 연구는 충분하지 않다.

이에 본 연구는 공학설계에 대한 개념과 공학설계 교육의 특징을 탐색함으로써 공학설계과정의 교수·학습적 특징을 밝히고자 한다(Fig. 1 참조). 이를 통해 창의적 공학설계의 교수·학습적 개념을 도출함으로써 미래사회가 요구하는 창의적 공학인재 양성을 위한 이론적 기초를 마련하고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 설계에 대한 개념적 정의와 공학교육에서 요구하는 설계교육의 개념을 정의하고 설계교육의 개념과 특징에 기반을 둔 창의적 공학설계과정을 위한 교수·학습적 특징은 무엇인지에 대해서 살펴보고 공학설계의 교수·학습적 개념에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

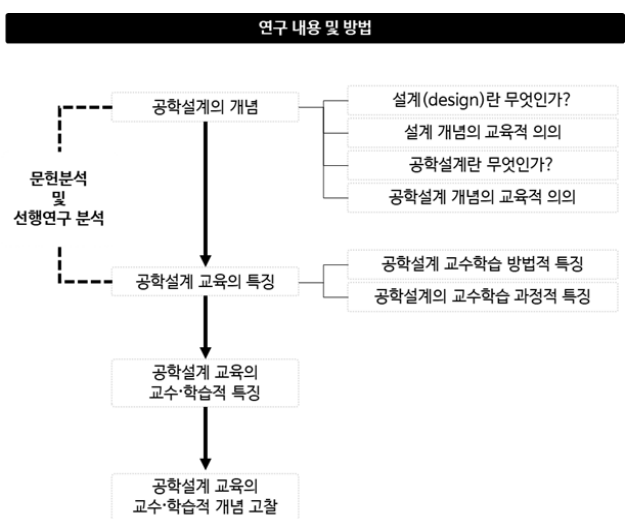

Fig. 1 Research procedure

II. 공학설계의 개념

최근 대학교육은 일방적으로 명시적 지식을 전달하는 교수자 중심의 교육이 시대가 요구하는 창의적 미래 인재를 양성하는데 뚜렷한 한계를 지니고 있음을 인식하여 학습자들이 사회적 문제에 대해 스스로 질문하고 답을 찾고 새로운 방식으로 문제를 해결하려는 교육과정을 개발하여 운영하고 있다. 공학설계는 이와 같이 학습자의 창의적 문제해결능력을 개발하기 위한 목적으로 등장하였으며 사회가 직면한 문제를 다양한 관점에서 정의하고 학생들의 창의성을 바탕으로 문제를 해결하기 위한 복잡한 과정을 직접 경험할 수 있도록 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 입문설계, 요소설계, 종합설계로 이어지는 공학설계 교육과정과 설계교과목 간의 이수체계 강화는 학생들의 공학적 분석능력을 개발하고 창의적인 해결방안을 도출하는데 기여하고 있다(박철수 외, 2010; 김대수, 2016). 이와 같이 공학설계가 학생들의 창의적 문제해결능력 향상에 도움이 된다는 것을 고려할 때 공학설계 교육을 교육현장에 보다 더 효과적으로 적용하기 위해서는 공학설계의 특징을 면밀히 살펴보는 것이 필요하다.

공학설계를 이해하기 위해서는 먼저 설계(design)의 개념과 성격에 대한 다양한 관점과 설계교육의 역할과 가치가 무엇인지를 밝혀내는 것이 필요하다. 설계는 일반적으로 계획, 구성, 설계 등으로 번역되며, 그 어원적 근원은 '지시하다, 표현하다, 성취하다'의 뜻을 가지고 있는 라틴어의 데시그나레(designare)에서 유래하였다. 특히 설계는 기존의 과학적 접근으로는 해결하기 어려운 형태의 까다로운 문제들이 현재 우리 사회에 존재하고 있으며, 미래 사회에도 존재할 것이기 때문에 미래 사회를 대비하기 위한 대안적 방법론으로 그 필요성이 제기되고 있다. 교수·학습 관점에서의 설계의 개념은 학습자에게 요구되는 하나의 능력으로써, 기존의 지식을 문제해결을 위해 재구조화하는 능력으로 정의되고 있다(김동일 외, 2015). 공학 분야뿐만 아니라 다른 학문 분야에서도 경영상의 문제를 해결하기 위해 경영학 이론이나 디자인 이론을 혼용한 '디자인 경영', 시각화를 통해 무형의 서비스를 유형화하는 개념인 '서비

스디자인', '교수 설계', '학교 공간 설계' 등으로 그 개념이 활용되고 있다.

설계의 개념을 일련의 과정으로 접근해 본다면 합리적인 문제해결과정, 실천 중의 성찰과정, 이성과 직관의 통합과정으로 구분하여 정의할 수 있다. 먼저 합리적인 문제해결과정으로서의 설계는 목표지향적 문제해결과정(Archer, 1965), 최적화된 해결안(Matchett, 1968), 과학적 원리 및 기법적용 과정(Tylor, 1959)이 포함된다. 합리적 문제해결 과정으로서의 설계는 목표를 설정하고 목표를 달성하기 위한 최적의 해결안을 도출함에 있어서 과학적 원리와 법칙을 적용하는 과정으로 정의할 수 있다.

둘째, 실천 중의 성찰과정으로서의 설계는 반성적 대화와 실천 중의 반성(Schon, 1987), 상상적 도약(Page, 1956), 의사결정(Asimow, 1962), 제품활용의 맥락과 관련시키는 과정(Gregory, 1966), 창조적 활동(Reswick, 1965), 시각적 사고(Hanse, 1966), 제약조건들로부터 고려한 상상활동(Nelson, 1994)을 포함된다. 이와 같은 성찰 중의 성찰과정으로서의 설계는 경험이나 이전의 인지적 활동 과정의 반성을 통하여 인지적 사고활동뿐만 아니라 미래 행동으로 연결시키는 과정으로 정의할 수 있다.

셋째, 이성과 직관의 통합과정으로서 설계는 과학적 원리, 기술적 정보, 상상력을 사용하는 일(Fielden, 1963), 이성과 직관, 행동 추진력과 행동의 결과를 성찰하는 능력간의 균형적 과정(Rowland, 1993)을 포함한다. 이성과 직관의 통합과정으로서의 설계는 문제를 해결하는 데 있어서 옳고 그름을 판단하는 과정과 새로운 경험을 습득하는 과정간의 통합적 상호작용의 과정으로 정의할 수 있다.

공학설계의 개념은 위에서 언급한 일련의 과정적 접근으로서의 설계의 개념과 일맥상통한다. ABET(2012)은 공학설계란 목표하는 기능과 성능을 포함한 제반 요구조건을 만족하는 시스템이나 시스템의 일부를 고안하는 전 과정을 포함하고, 수학, 기초과학, 전공 영역의 이론을 기초로 설정된 목표를 달성하기 위해 사용 가능한 자원을 최적으로 활용하는 반복적인 의사결정 과정으로 정의하고 있다. 또한 Dym etl al.(2005)은 기술을 이용하여 어떤 기능을 하는 제품이나 제품의 구성요소를 만드는 과정으로 정의하고 있고, Cross(2000)는 자연으로 얻어지지 않아 만들어내는 물건, 즉 인공물을 묘사하는 과정으로 정의하고 있다.

이와 같이 과정적 접근으로서의 설계는 공학설계를 목표와 기준을 수립하고, 조합하고, 분석하고, 만들고, 시험하고, 평가하는 과정으로 정의하고 있다(Yang et al., 2003). Ford와 Coulston(2009)은 공학설계를 문제가 주어졌을 때 아이디어를 내고 문제를 해결 할 수 있는 최종적인 시스템을 구현하기 위한 여러 단계의 문제 해결 과정으로 정의하였으며, Eggert(2010)는 고객 또는 소비자가 요구하는 기능을 가진 제품을 만들어 가는 일련의 의사결정 과정 또는 활동을 공학설계로 정의하였다(김태훈, 2015. 재인용).

한편 공학설계의 개념을 창의성의 개념까지 확장하여 창의적 문제해결 과정으로도 정의하고 있는 연구들도 있다. 이건상과 김강(2012)은 공학설계에서의 창의적 문제해결과정이란 공학적 시스템의 개발, 설계, 제작 및 사용을 위한 과정으로 정의내리고 있다. Baulary(2004)는 공학교육에서 다루는 문제는 다양한 해(解)를 갖는 시스템에서 특정 해를 선정하기 위한 창의적인 조합의 요구이며, 문제에 대한 해(解)는 이전에 존재하지 않았던 물건(product)이나 공정(process), 생각(though)을 도출해내는 과정을 통해서 산출되는 것이라고 창의적 공학설계를 설명하고 있다. 이처럼 공학교육에서의 창의성은 문제를 해결하는 방법을 찾거나 현재의 해결책보다 좀 더 나은 해결방법을 찾는데 분별력을 가지고 적용하는 과정에서 요구되는 능력으로 정리할 수 있다.

이상에서 살펴본 공학설계의 개념을 종합하면 먼저 설계는 이전에 없었던 무언가 새로운 것을 창조해 낸다는 것을 전제로 하고 있으며 다양한 문제를 해결하기 위해 문제정의, 문제분석, 해결안 설계 및 개발, 평가 등의 체계적인 과정을 포함하는 방법론적 접근으로써 정의할 수 있다. 설계의 개념을 기반으로 하는 공학설계의 정의는 현실적인 문제를 공학적 원리와 개념을 활용하여 문제정의, 분석 및 설계, 개발 등 문제해결을 위한 제반요소를 활용하는 체계적이고 창의적인 문제해결과정으로 설명할 수 있다. 이를 위해 주어진 과제를 직관적이고 체계적으로 이해할 수 있게 지원하는 시각화, 상호 간의 협업, 효율적인 의사소통 등 학습자 중심의 교육과정을 제공하여 공학설계 교육을 제공할 필요가 있다.

III. 설계 개념에 기반을 둔 공학설계 교육의 특징

최근 공학설계 교육이 4차 산업혁명 시대에서 요구하는 창의적인 문제해결능력을 갖춘 인재를 양성하는데 기여할 수 있다는 점에서 공학설계 교육에 대한 관심이 점차 커지고 있다(이대석 외, 2020). 이에 많은 대학에서는 학생들의 능동적인 참여를 통해 창의적 사고와 문제해결능력을 개발하기 위한 목적으로 공학설계에 중점을 두고 교육과정을 혁신하기 위한 노력을 기울이고 있다(장용철 외, 2013). 공학설계 교육은 합리적인 문제해결과정, 실천 중의 성찰과정, 이성과 직관의 통합과정을 기반으로 학습자의 적극적인 참여를 촉진하고 자기주도

적인 문제해결과정을 경험하도록 함으로써 창의적 문제해결능력을 개발할 수 있는 기회를 제공한다. 이와 같이 공학설계 교육이 과학기술 인재양성을 위해 창의성과 문제해결능력을 바탕으로 하고 있다는 점에서(김인숙 외, 2011) 공학설계 교육을 효과적으로 이끌기 위한 다양한 교수·학습방법이 주목받고 있다.

최근 공학설계 교육은 기존의 교수자 중심의 이론기반 교육에서 더 나아가 학습자 중심의 실무 교육을 실현하기 위해 설계기반학습(Design-Based Learning), 프로젝트기반학습(Project-Based Learning), 문제기반학습(Problem-Based Learning), 융합 및 다학제적 학습(multi-disciplinary learning), 사례기반 학습(Case-based Learning) 등의 교수·학습방법을 적용하고 있다(김희목·지찬수, 2019; 유선중, 2020; 이대석 외, 2020). 그 중에서도 프로젝트기반학습과 문제기반학습은 실제적인 문제를 활용하여 학습자가 스스로 문제를 해결해 나가는 과정을 포함하고 있어 실제적으로 현장에 적용할 수 있는 종합설계를 교육하는 데 효과적이라는 점에서 공학설계 교육에 적용하는 사례가 증가하고 있다. 선행연구 또한 공학설계 교육에 프로젝트기반학습과 문제기반학습을 적용하는 것이 긍정적인 효과가 있었음을 보고하고 있다(강소연 외, 2005; 장용철 외, 2013).

지금까지 공학설계 교과목의 수업방법은 일반적으로 탐구활동의 대상이 되는 과제를 제시하고 이에 대한 최종산출물을 얻기 위해 탐구활동을 수행하는 프로젝트기반학습의 형태로 진행되었다. 프로젝트기반학습은 주로 지역사회와 연계하여 실제 상황과 관련된 주제를 가지고 소규모 팀 단위로 설계 문제의 해결방안을 고안하는 데 중점을 두고 있다(김인숙·김동철, 2013). 프로젝트기반학습을 공학설계에 적용한 연구들은 프로젝트기반학습이 의사소통능력, 협업능력, 창의적 사고 능력 등 설계 능력 개발에 효과가 있음을 밝히고 있다(백윤수 외, 2006; Anwar & Granlund, 2003).

프로젝트기반학습과 함께 공학설계 교육에 적용되고 있는 문제기반학습은 비구조화된 문제(ill-structured problem)를 활용하여 필요한 정보를 수집하고 학습자들이 스스로 문제해결을 해나가는 과정이 중심이 된다는 점에서 학습자의 능동적이고 창의적인 사고를 촉진할 수 있어 공학설계 교육에 효과적인 교수·학습방법이라고 할 수 있다(강소연 외, 2005). 특히 문제기반학습은 문제해결과정을 통해 동료 학생들과 협력학습을 함으로써 의사소통능력, 적절한 자원을 선택하여 사용하는 능력, 리더십, 비판적 사고력을 개발할 수 있으며 기존의 지식을 바탕으로 새로운 지식을 융합하여 창의적인 해결방안을 만들어낼 수 있다(신행자 외, 2009).

프로젝트기반학습과 문제기반학습 모두 학습활동이 학습자 중심으로 이루어지며 교수자는 조력사, 학습촉진자, 안내자의 역할을 한다는 점에서는 비슷한 특성을 가지고 있다. 그러나 프로젝트기반학습이 제시된 학습과제를 중심으로 최종산출물을 얻기 위한 과정으로 학습활동이 이루어지는 것에 비해 문제기반학습은 비구조화된 문제를 중심으로 문제를 해결하기 위한 과정에서 학습이 이루어지는 학습자중심의 학습활동이라는 점에서 프로젝트기반학습과는 차별화된다고 볼 수 있다(조연순, 2006; Simons & Klein, 2007). 또한 문제기반학습은 매 단계마다 작성하는 성찰일지를 교육과정에 포함함으로써 학습자의 설계 전 과정에 대한 성찰을 기반으로 본인이 직접 수행한 일뿐만 아니라 인지적 활동에 대한 반성을 미래의 문제해결과정과 연결한다는 점에서 프로젝트기반학습과 구별되는 특징을 가지고 있다(Thomas, 1997).

공학설계 교육에 프로젝트기반학습과 문제기반학습을 적용한 후 효과성을 탐색한 연구들은 학습자들의 창의적 문제해결력과 자기주도학습능력 요인에 문제기반학습이 더 효과적이었음을 밝히고 있다(신행자 외, 2009). 또한 문제기반학습이 창의적 문제해결력, 자기주도적 학습능력뿐만 아니라 협동능력에도 효과가 있다는 것을 보고하고 있는 연구들도 있다(강소연 외, 2005; 김성봉·홍효정, 2008). 그러나 이와 같은 문제기반학습의 효과성에도 불구하고 학습목표를 적용한 질 높은 문제 시나리오 개발, 문제해결 과정 및 결과에 대한 즉각적이고 적절한 피드백의 제공, 학습활동을 촉진할 수 있는 적절한 자료와 가이드라인의 제공 등 교수자의 부담이 문제점으로 지적되고 있어 이를 극복하기 위한 교수·학습전략의 탐색이 필요한 상황이다.

한편 현재 많은 대학에서 교육과정에 포함하고 있는 캡스톤 디자인은 창의적 종합 설계로도 불리는 종합설계교육 프로그램으로써 프로젝트기반학습 형태로 운영된다고 볼 수 있다. 캡스톤 디자인은 공학계열의 학생이 실제 현장에서 경험할 수 있는 어려움을 해결할 수 있는 능력을 길러주기 위한 목적으로 졸업 논문 대신에 공학 기술을 바탕으로 다양한 지식을 종합적으로 적용하여 작품을 기획, 설계, 제작하도록 하여 문제해결의 전 과정을 경험하게 하는 교육과정을 포함하고 있다(신창범·권오성, 2014). 학생들은 이 과정을 통하여 지금까지 학습한 여러 이론을 기반으로 창의적 과제 수행 능력, 협업능력, 의사소통능력 등을 향상시킬 수 있다. 이와 같이 공학설계를 효과적으로 수행하기 위해서는 분화된 학문체계가 아닌 다양한 교과목의 소통적 교육을 제공해야 하며 이를 통해 학습자가 창의성 및 다원성을 갖춘 미래 공학인재로 성장할 수 있도록 지원해야 한다.

미국 스탠포드 대학교의 경우 D-School 프로그램을 통해 예

술, 사회과학, 경영 등의 학문을 융합하여 공학설계를 해나가도록 하는 기회를 제공하고 있으며(윤린 외, 2011) 성균관대학교는 다학제 융합 종합설계 교과목을 통해 학생들이 공학, 사회심리, 경영 등 다양한 분야를 융합하여 창의적 문제해결을 할 수 있도록 한다(이상원, 2010). 이와 같이 융합교육은 현대사회의 복잡한 문제해결을 위해서는 분절화된 지식체계로는 한계가 있다는 문제의식에서 출발하였으나 점차 융합교육을 통해 의사소통능력, 자기주도학습능력, 협업능력, 창의적 문제해결능력 등을 효과적으로 기를 수 있다는 점에 주목하여 다양한 목적으로 교육현장에 활용되고 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 공학설계 교육은 구성주의(Constructivism)를 바탕으로 학습자의 능동적인 참여를 통한 학습자 중심의 교육을 실현하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있으며 학습자 중심의 다양한 교수·학습방법을 활용하여 사회에서 요구하는 종합적인 공학 실무 역량을 갖춘 인재를 양성하기 위해 노력하고 있다. 그러나 이와 같은 노력에도 불구하고 실제 교수자와 학습자가 공학설계 교육현장에서 느끼는 어려움이 보고되고 있는 상황을 고려할 때 효과적인 공학설계 교육을 위한 교수·학습 특징의 탐색이 필요한 상황이다.

Ⅳ. 공학설계의 교수·학습적 특징

공학설계의 개념과 공학설계 교육의 특징을 기반으로 도출한 공학설계의 교수·학습 특징은 학습자 중심 교수·학습 활동, 협력적 의사소통을 위한 상호작용, 창의적 사고 개발을 위한 다학문의 융합으로 구분할 수 있다.

1. 학습자 중심 교수·학습 활동

지금까지 설계 개념에 기반을 둔 공학설계 교육의 특징을 살펴본 결과 공학설계는 학습자에게 합리적인 문제해결 경험을 제공하기 위해 구성주의에 기반을 둔 학습자 중심 교수·학습 활동을 강조하는 것을 알 수 있다. 이는 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 미래 사회가 요구하는 창의적 문제해결능력을 갖춘 인재를 양성하기 위해서는 기존에 교수자가 일방적으로 지식과 정보를 전달하는 교육방법으로는 한계가 있다는 문제의식에서 출발하였다. 설계 교육의 궁극적 목적이 실제 생활에 활용 가능한 경쟁력 있는 제품을 설계하고 개발하는 능력을 함양하기 위한 것이라는 것을 고려할 때 공학설계는 학생들이 실질적으로 문제들을 해결하는 과정을 경험할 수 있도록 학습자 중심 교수·학습 활동을 제공할 필요가 있다(김인숙·김동철, 2013).

공학설계 과목의 특성상 공학설계의 내용과 과정만을 학생들에게 전달할 경우 실제와는 거리가 있는 학습 경험이 제공될 가능성이 있다. 이에 최근 대학에서는 학습자 중심 교수·학습 활동을 통해 학생들 스스로 문제해결방안을 찾아가는 과정을 제공함으로써 기존의 지식을 바탕으로 새로운 지식을 융합하고 창의적 해결방안을 도출할 수 있도록 교육과정을 개선하고 있다. 공학설계에서 활발하게 적용하고 있는 설계기반학습, 프로젝트기반학습, 문제기반학습 모두 학습자 중심 교수·학습 활동을 바탕으로 하는 것으로 학습자의 적극적인 참여를 통해 문제해결을 해나가는 과정이 중심이 되어 능동적이고 창의적인 사고를 촉진하는 데 효과적이다(강소연 외, 2005). 또한 이와 같은 학습자 중심 학습 활동은 문제해결의 전 과정을 통해 학습자들이 과제 수행 능력, 리더십, 창의적 사고 능력 등을 향상시키는 데 긍정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다(신행자 외, 2009; 김문수, 2011).

2. 협력적 의사소통을 위한 상호작용

최근 창의적 사고와 독창적 문제해결능력을 함양한 인재를 양성하기 위한 목적으로 학습자 중심 교수·학습 활동에 대한 관심이 모아지면서 협력적 의사소통을 위한 상호작용이 주목받고 있다. 공학설계에서는 학습자 스스로 문제를 해결할 수 있도록 창의력을 증진하기 위해 프로젝트기반학습, 설계기반학습 등과 같은 학습자 중심 교수·학습 활동을 진행하고 있다. 상호작용은 이와 같이 팀을 기반으로 하는 협력학습에서 학습 성과를 결정짓는 중요한 요인 중의 하나이다(김민웅 외, 2016). 공학설계가 복잡한 설계 과정에서 협업을 통해 학습자 스스로 사회가 직면한 문제를 다양한 관점에서 정의하고 창의적 문제해결방안을 도출해 나가는 과정을 제공한다는 점에서 상호작용이 차지하는 의미는 크다고 볼 수 있다. 특히 실생활의 복잡한 문제를 해결하기 위해 분석, 설계, 평가를 포함하는 여러 단계의 문제해결과정을 반복해야 하는 설계의 특성상(Ford & Coulston, 2009) 팀 기반 교수·학습활동에서 학습자 간 협력적 의사소통을 위한 상호작용은 문제해결과정과 문제해결방안에 영향을 미친다(임규연, 2011; 유지원, 2014). 이와 같이 공학설계 교육에서 상호작용이 학습 성과에 미치는 영향을 고려할 때 팀 기반 활동에 영향을 주는 상호작용을 촉진하는 지원 전략이 필요하다(노혜란·최미나, 2016).

한편, 협력학습을 통해 학생들 스스로 결과물을 만들어가는 과정에서 협력적 의사소통을 위한 학생 간의 상호작용이 중요한 것과 마찬가지로 학생과 교수자 간의 상호작용도 중요하게 고려할 필요가 있다. 최근 공학설계에서 학습자 중심 교수·학습 활동을 강조하게 됨에 따라 교수자의 역할은 지식과 정보의 전달자에서 학습촉진자, 조력자, 안내자로 전환하게 되었다. 이

에 학생들이 문제해결을 효과적으로 지원하기 위해서는 교수자와 학습자 간의 활발한 상호작용을 통해 적절하고 즉각적인 피드백을 학습자에게 제공함으로써 문제해결을 지원하는 것이 중요하다. 따라서 학생 간의 상호작용과 더불어 교사와 학생 간의 상호작용을 촉진할 필요가 있다.

3. 창의적 사고 개발을 위한 다학문의 융합

공학설계의 교수·학습적 특징 세 번째는 창의적 사고 개발을 위한 다학문의 융합이라고 할 수 있다. 공학설계는 실생활의 복잡하고 다양한 문제를 해결하기 위한 문제해결방안을 도출해야 한다는 점에서 다양한 학문을 융합하는 노력이 필요하다. 특히 전공별로 분절화된 지식이 아닌 다학문의 융합을 통해 교육내용을 재구성함으로써 학습자들이 이를 통합하고 새로운 지식으로 창출할 수 있는 기회를 제공해야 한다(김혜영, 2013). 이와 같은 학문의 융합은 현대 사회의 복잡한 사회 현상과 문제를 해결하기 위해서는 단일 학문으로는 한계가 있다는 인식에서 시작되었으며 학문 간의 융합을 통해 기존에 알고 있는 지식에서 더 나아가 과학은 물론 다양한 분야의 아이디어를 활용하여 창의적으로 문제해결을 해나갈 수 있도록 해야 한다(윤린 외, 2011). 공학설계는 바로 이러한 맥락에서 다원화된 학문의 융합을 지향하고 있으며 바람직한 설계교육이란 학생들이 실제적인 문제를 보다 창의적으로 해결해나갈 수 있도록 지원하는 것이라는 점에서(김성봉·홍효정, 2010) 공학설계에서 다양한 학문의 융합을 통해 학생들의 창의적 문제해결능력을 촉진할 필요가 있다.

이와 같이 융합교육이 공학설계의 목적을 성취하는 데 효과적임에도 불구하고 아직은 융합교육을 현장에 적용하고 이를 실행하는 데 있어서 여러 가지 혼선이 발생하고 있는 상황이다(김광웅, 2009). 그러나 공학설계가 본래 가진 목적인 창의적 문제해결능력을 갖춘 인재 양성을 위해서는 학제간 장벽을 극복하는 교육과정의 편성이 중요하다는 점에서 다학문의 융합을 공학설계 교육에 적용하는 노력이 지속될 필요가 있다.

V. 결론 및 논의

본 연구는 공학설계 개념에 대한 이론적 고찰을 통하여 창의적 공학설계를 위한 교수·학습적 특징을 탐색하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 연구를 통해 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, 공학설계의 목적인 창의적 문제해결능력을 갖춘 인재를 양성하기 위해 공학설계 교육은 학습자 중심 교수·학습 활동을 기반으로 다양한 교수·학습 전략을 제공할 필요가 있다. 공학설계 교육에서는 설계기반학습, 프로젝트기반학습, 문제기반학습, 상황학습 등 구성주의에 기반을 둔 다양한 교수·학습이 활용되고 있으며 이와 같은 교수·학습 방법은 설계 능력 개발에 효과가 있음이 보고되고 있다(신행자 외, 2009; Anwar & Granlund, 2003). 따라서 창의적 사고와 문제해결능력을 향상시키기 위한 다양한 방식의 학습자 중심 교수·학습 전략이 개발될 필요가 있음을 알 수 있다.

둘째, 공학설계에서 효과적인 학습자 중심 교수·학습 활동을 위해 협력적 의사소통을 위한 상호작용을 촉진하기 위한 전략을 수립할 필요가 있다. 공학설계가 학생들의 협업을 기반으로 이루어진다는 점에서 학생들 간의 상호작용을 통한 협력적 의사소통은 문제해결과정에서 매우 중요한 요소이다. 이에 공학설계과정에서 학생들이 자신의 지식을 공유하고 새로운 지식을 창출할 수 나갈 수 있도록 다양한 상호작용 기회를 제공하는 교수·학습 전략이 제공될 필요가 있다. 또한 최근 공학설계 교육이 기존의 교수자 중심에서 벗어나 학습자 중심으로 변화함에 따라 교수자와 학생, 학생과 학생, 학생과 내용(문제) 간의 상호작용도 고려할 필요가 있다.

셋째, 다원화된 현대사회의 복잡한 문제를 해결하기 위해 공학설계는 다학문의 융합을 필요로 하며 이에 따라 다양한 학문의 융합을 지원하기 위한 교수·학습 전략이 제공될 필요가 있다. 공학설계 과정에서 학습자의 능동적인 참여를 통해 학습자 스스로 문제를 해결하는 데 있어 분절화된 학문은 문제해결방안을 마련하는 데 한계가 있다. 이에 많은 대학에서 다학문 융합의 필요성을 인지하고 이를 교육과정에 적용하고 있으나 아직 많은 혼선이 있다는 점을 고려할 때 공학설계의 목적인 창의적 문제해결능력을 갖춘 인재양성을 위해 다학문의 융합을 촉진할 수 있는 다양한 전략을 수립할 필요가 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 본 연구는 선행 연구에서 제시한 공학설계의 개념과 공학설계 교육에서 추구하는 교수·학습 개념 간의 연관성을 중심으로 공학설계의 교수·학습적 관점 및 특징을 도출하였다는 데 의의가 있다. 이는 기존 선행 연구에서 각각 제시된 공학설계의 개념과 교수·학습 절차 및 활동을 설명하고 있는 한계에서 벗어나 통합적인 관점에서 공학설계의 교수·학습적 특징을 설명하였다는 차별성을 가지고 있다. 이는 본 연구의 결과가 창의적 공학설계를 위한 교수·학습 모형을 개발하는 후속 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 강소연 외(2005). 공학교육에서의 PBL 수업의 효과 연구. **공학교육연구, 8**(2), 24-34.
2. 권성규(2019). 개념설계에 치중하는 기초설계 과목 개발. **공학교육연구, 22**(2), 16-27.

3. 김대수(2016). **창의공학설계**. 생능출판사.
4. 김문수(2011). 문제기반학습모형에 근거한 공학회계의 웹기반 실습시스템 개발. **공학교육연구, 14**(14), 55-63.
5. 김민웅 외(2016). 창의적 공학 설계 활동에서 팀 규모에 따른 팀 상호작용 분석. **공학교육연구, 19**(4), 14-23.
6. 김성봉·홍효정(2010). 공학설계수업에서의 PBL 모형 개발 및 효과 분석. **한국산학기술학회 논문지, 11**(11), 4310-4319.
7. 김인숙·강태욱·최정우(2011). 공학 기초설계 교과목에서 교수-학습 방법에 따른 수업 결과 분석. **공학교육연구, 14**(5), 3-9.
8. 김인숙·김동철(2013). 종합설계 교과목의 교수-학습 결과 분석. **공학교육연구, 16**(2), 31-36.
9. 김태훈(2015). 전문가 인식 조사에 의한 공학 설계 능력의정의 및 하위 영역과 요소 도출. **공학교육연구, 18**(3), 24-32.
10. 김혜영(2013). 융합교육의 체계화를 위한 융합교육의 방향과 기초융합교고 설계에 대한 제언. **교양교육연구, 7**(2), 11-38.
11. 김희목·지찬수(2019). 창의적 설계 기반의 수업 설계 및 적용. **현장과학교육연구, 13**(3), 319-338.
12. 노혜란·최미나(2016). 팀학습에서 팀메타인지가 팀상호작용에 미치는 영향에 관한 연구. **교육방법연구, 28**(1), 151-170.
13. 박상태·김제도·윤성호(2020). 비판적 사고를 활용한 공학 설계 교육. **공학교육연구, 23**(6), 51-59.
14. 박세호(2012). **창의적 문제해결 기법을 활용한 공학입문설계 교육내용 모형 연구**. 박사학위논문. 한국해양대학교.
15. 박수홍·정주영·류영호(2008). 창의적 공학교육을 위한 캡스톤 디자인 (Capstone Design) 교수활동지원모형 개발. **수산해양교육연구, 20**(2), 184-200.
16. 박철수·박수홍·정선영(2010). 창의적 문제해결 교수·학습방법의 대학수업에의 적용가능성에 관한 연구. **한국공학교육학회, 13**(1), 23-37.
17. 백윤수 외(2006). 대학 신입생 공학설계과목을 통한 창의성 교육의 성과. **공학교육연구, 9**, 1-16.
18. 송신철·한화정·심규철(2017). 중학교 과학 영재들의 공학 설계 과정에 대한 인식 조사 연구. **한국과학교육학회지, 37**(5), 835-846.
19. 신선희(2009). **공학교육에서의 개념학습을 위한 탐구활동 지원도구 설계연구**. 박사학위논문. 한양대학교.
20. 신창범·권오성(2014). 캡스톤 디자인의 디자인 교육 응용 사례연구. **디지털디자인학연구, 14**(1), 33-42.
21. 신행자 외(2009). 공학설계 교과목에서 문제 중심 교수-학습과 프로젝트 중심 교수-학습 전략 비교 분석. **공학교육연구, 12**(4), 142-149.
22. 유선중(2020). 사례기반학습법을 적용한 기계공학 교과목 설계:라미네이터 장비 제작. **공학교육연구, 23**(5), 61-67.
23. 이건상·김강(2012). 창의적 공학설계방법론 교육에 관한 연구. **공학교육연구, 15**(4), 94-100.
24. 이상원(2010). 다학제 융합 종합설계 교육. **대한기계학회 춘추학술대회**, 4524-4527.
25. 이대석·임영대·김진수(2020). 일반계고의 창의공학설계 수업을 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료 개발과 적용. **공학교육연구, 23**(1), 3-9.
26. 이영태·박진석(2014). 공학교육인증에서의 프로그램 교육목표 달성표 평가모형 개발. **공학교육연구, 17**(1), 42-49.
27. 이종수(2008). 체험학습기반의 기초 창의공학설계 교육 및 운영. **공학교육연구, 11**(2), 32-41.
28. 임규연(2011). 집단탐구 협동학습에서 학업적 자기효능감, 협력적 자기효능감, 학업성과의 관계. **교육의 이론과 실천, 16**(2), 19-36.
29. 유경현(2020). 6-sigma 방법론을 적용한 종합설계 교육모델 개발. **공학교육연구, 23**(4), 28-36.
30. 유지원(2014). 대학생의 팀 기반 프로젝트 학습에서 학습성과에 대한 협력적 자기효능감, 팀 효능감, 팀 상호작용 간 관계. **학습자중심교과교육연구, 14**(10), 89-110.
31. 윤나리(2012). **공학설계 강의에서 활용된 문제중심학습의 효과 측정**. 석사학위논문. 이화여자대학교.
32. 윤린·김인선·최병욱(2011). 융합교육의 현황 및 향후 방향: 한밭대학교 사례중심으로. **공학교육연구, 14**(3), 55-60.
33. 장용철·김건국·김민철(2013). 창의설계입문의 PBL (Problem-Based Learning) 적용: 충남대학교 환경공학분야 사례. **공학교육연구, 16**(2), 78-85.
34. 조연순(2006). **문제중심학습의 이론과 실제**. 서울: 학지사.
35. 한국공학교육인증원(2006). **공학인증기준 2005 (KEC 2005)**, ABEEK-2006-AB-020.
36. ABET - Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2011 - 2012 http://www.abet.org/eac-current-criteria/(accessed Jan. 21, 2012).
37. Anwar, S., & Granlund, E.(2003). Enhancing a Freshman level engineering design course through project based learning. In *Proceedings of the 2003 ASEE Annual Conference and Exposition: Staying in Tune with Engineering Education* (pp. 9545-9554).
38. Archer, J. S.(1965). Consistent matrix formulations for structural analysis using finite-element techniques. *AIAA journal*, 3(10), 1910-1918.
39. Asimow, M.(1962). *Introduction to design*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
40. Dym, C. L. et al.(2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education*, 94(1), 103-120.
41. Ford, R. M., & Coulston, C. S.(2009). **공학 설계상의 원리와 실제**. 장준호 외 역. 한티미디어.
42. Reswick, J. B.(1965). *Prospectus for engineering design centre*. Cleveland. OH: Case Institute of Technology.
43. Schön, D. A.(1987). *Educating the reflective practitioner:*

Toward a new design for teaching and learning in the professions. San Francisco: Jossey-Bass.
44. Simons, K. D., & Klein, J. D.(2007). The impact of scaffolding and student achievement levels in a problem-based learning environment. *Instructional science*, 35(1), 41-72.
45. Thomas, R. E.(1997). Problem-based learning: measurable outcomes. *Medical education*, 31(5), 320-329.
46. Yang, K., Basem, S., & El-Haik, B.(2003). *Design for six sigma* (pp. 184-186). New York: McGraw-Hill.

이영태 (Lee, Youngtae)
2013년: 서울대학교 교육학과 교육공학전공 박사
2007년~2013년: 한양대학교(ERICA) 공학교육혁신센터 교육전문 연구원
2013년~2017년: 경희대학교 융합교육지원센터 객원교수
2017년~현재: 한국교육과정평가원 부연구위원
관심분야: 공학교육인증 평가, 창의설계교육, 융합교육
E-mail: leeyt@kice.ac.kr

정재원 (Jung, Jaewon)
2013년: 한양대학교 교육공학과 박사
2017년~2018년: University of Salzburg 방문연구원
2018년~2019년: 중앙대학교 커리큘럼혁신센터 연구교수
2019년~현재: 한국교육개발원 디지털교육연구센터 부연구위원
관심분야: 교수설계, 이러닝, 컴퓨터기반 협력학습
E-mail: jungj5@kedi.re.kr