

# 비판적 사고를 적용한 공학설계 보고서 쓰기 교육 연구

구진희\*·황영미\*\*†

\*목원대학교 소프트웨어교양학부 조교수

\*\*숙명여자대학교 기초교양학부 부교수, 교양교육연구소 소장

## A Study on Engineering Design Report Writing Education Using Critical Thinking

Ku, Jin-Hee\*·Hwang, Young-mee\*\*†

\*Assistant Professor, Division of Software Liberal Arts, Mokwon University

\*\*Associate Professor, School of General Education & General Education Research Institute, Sookmyung Women's University,

### ABSTRACT

Critical thinking ability based on a sound sense of logic is essential for analyzing a given engineering design problem and assessing it to arrive at the most plausible conclusion. Engineering design classes require students to organize their engineering design experiences through reports, and engineering design reports require detailed specifications of their tasks at each stage. Given the nature of these curriculums, design classes provide writing courses focusing on science and engineering within specialized fields, but there still lies many obstacles for communication education that embraces both general education and major subjects. This study proposes a specified step-by-step writing model for engineering design reports that encompasses critical thinking for the objective of systemizing design experiences from engineering design report writing. For the purpose of the study, the concepts and relationship between critical thinking and creative problem solving have been examined, followed by a proposal of application methods for critical thinking criteria and elements from a case example on engineering design. Furthermore, the study proposes a critical thinking-based assessment rubric for logical decision making at each stage of engineering design as well as a resulting model for engineering design report writing.

**Keywords:** Critical thinking, Creative problem solving, Engineering design, Report writing education model

## 1. 서 론

공학설계 프로세스는 문제해결의 해답을 얻기 위해 적용하는 체계적이고 방법론적인 과정이다. 미국의 공학교육인증위원회(ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology)에서는 공학설계란 필요한 것을 만들기 위해 시스템, 요소, 프로세스를 개발하는 과정, 즉 기초과학, 수학, 공학을 응용하여 목표로 하는 최적의 제품 또는 결과물을 얻기 위한 반복적인 의사결정 과정이라고 정의하고 있다(김대수, 2016; 김은경, 2016).

따라서 공학설계 프로세스는 학문 분야에 따라 세부적인 설계 단계 및 단계의 결과물은 다를 수 있으나 제약조건 내에서 목표에 도달할 수 있게 도와주는 체계적인 접근 방법을 제공한

다는 점, 수많은 경험을 통해 정립되고 체계화된 과정이라는 점은 동일하다. 일반적으로 공학설계 교과목에서는 설계상의 문제점 파악 및 계획과 실천의 일관성 유지 등 학생들의 공학 설계 수행 경험을 체계화하기 위해 공학설계 최종 단계에서 설계보고서를 작성한다. 이를 위해 한국공학교육인증원 ABEEK은 공학교육 프로그램에서 전공과 MSC(수학, 과학, 컴퓨터 관련)교과목과 더불어 전문교양 교과목을 필수적으로 이수하도록 하고 있으며, 전공 특성을 반영한 과학기술 글쓰기, 공학 글쓰기 등과 같은 교과목이 이에 해당한다고 볼 수 있다. 전문교양에 전공 특성을 반영한 글쓰기 교과목의 개설 배경은 전공 영역에서의 의사소통 교육 필요성에 의한 것이며 이는 공학인증 기준의 학습성과에서도 확인할 수 있다. 일반적으로 창의공학설계나 종합설계와 같은 설계 관련 교과목들은 학습성과(PO: Program Outcomes) 7 '다양한 환경에서 효과적으로 의사소통할 수 있는 능력'을 포함시키고 있으며 전공 교과목 영역에서의 의사소통 능력 배양을 부차적인 목표로 삼고 있다.

이러한 공학설계 교과목은 ABEEK에서 일반 강의가 아닌 학

Received January 14, 2021; Revised January 22, 2021

Accepted January 22, 2021

† Corresponding Author: hym4322@sm.ac.kr

©2021 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

습자들의 과제 수행 결과 발표와 보고가, 지필식 평가보다는 보고서나 프레젠테이션 평가가 중시된다(이인영, 2010). 이와 같이 미래의 엔지니어들에게 요구되는 핵심능력 중의 하나는 자신의 전공분야뿐 아니라 다양한 분야의 사회 구성원들과 원활히 소통할 수 있는 능력과 사회 현안에 대한 비판적 안목 및 식견이 요구되고 있으나 여전히 교양과 전공 두 영역에 걸쳐 의사소통 교육에 어려움과 효과에는 의문이 든다.

ABEEK은 공학설계 프로세스의 기본적인 요소들로 목표의 설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가 등을 제시하고 있는데 공학설계 프로세스를 통해 특정 문제(목표)를 분석하고 종합하여 가장 적합한 결론을 도출하기 위해서는 논리학을 기반으로 하는 비판적 사고를 필수로 삼고 있다. 창의성을 연구하는 학자들은 공학설계 과정의 새로운 아이디어를 요하는 문제에서는 창의적 사고가 수반되어야 한다고 주장하는 한편(조연순 외, 2010), 문제해결과 비판적 사고에 관한 여러 연구자들은 창의적 문제해결 과정에서 대안탐색이나 문제해결의 반성적 성격은 비판적 사고의 개념을 포괄한다고 하였다(최석민, 2004; 서민규, 2012).

공학설계가 갖는 성격은 그 문제가 무엇이든 큰 관점에서는 창의적 문제해결의 각 단계로 볼 수 있다. 비판적 사고에 대한 논의는 듀이(Dewey)에서부터 럼스데인(Lumsdane), 피셔(Fisher), 폴(Paul), 김영정 등 여러 관점과 주장이 있다. 문제해결 과정에서 비판적 사고를 한다는 것은 비판적 사고의 문제해결 과정에 들어 있는 무엇(요소)이 어떠한지(기준)를 점검해보는 것이다. 이때 비판적 사고의 요소와 기준은 합리적 의사 결정과 창의적 문제해결의 도구로서 기능한다. 본 논문에서는 공학설계의 각 단계를 수행할 때 학생들이 합리적 의사결정을 하는데 도움이 되는 핵심적인 사항들을 비판적 사고 관점에서 적용 사례를 제시하고 공학설계 보고서 평가 루브릭을 제안하고자 한다. 이를 바탕으로 공학설계 보고서 쓰기 모델을 제안할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 비판적 사고와 창의적 문제해결 개념과 이론을 고찰하고, 3장에서 비판적 사고를 적용한 공학설계 보고서 사례를 제시하며, 4장에서 공학설계 보고서 쓰기 모델을 제안한다. 마지막으로 5장에서 결론을 제시한다.

## II. 비판적 사고와 창의적 문제해결

### 1. 창의적 문제해결과 공학설계

#### 가. 창의적 문제해결 과정

문제해결이란 어떤 상황에서 문제를 인식하고 현재 상태에서 목표 상태에 도달하기 위해 행하는 일련의 인지적 처리 및 사

고 활동이라고 볼 수 있으며, 창의적 문제해결은 문제해결 과정에서 기존의 정보나 지식을 단순히 적용하거나 이용하는 것만이 아니라 새로운 아이디어 생성을 위해 창의적 사고가 요구되는 문제를 해결과정을 말한다(조연순 외, 2010). 폴리아는 문제해결을 문제 이해, 해결 계획 수립, 문제해결, 검토와 최종 점검 등 4단계로 제시하였는데 문제를 이해하고 아이디어를 스케치하여 문제해결 계획을 수립하는 과정에서 창의성 향상에 큰 도움을 주며 대부분의 문제해결에 있어서 매우 효율적이며 편리한 시스템적 접근 방법이라고 하였다(김대수, 2016). 창의적 문제해결 프로세스로 널리 알려진 CPS(Creative Problem Solving) 프로세스는 2004년 아이작센과 트레핑거가 제안한 것으로 문제발견, 다양한 해결 아이디어 도출, 실행 가능한 아이디어 선별, 실행 계획 수립, 실행 등의 다른 문제해결 프로세스와 크게 다르지 않음을 알 수 있다. Fig. 1은 일반적인 창의적 문제해결 프로세스를 나타낸 것이다.



Fig. 1 Creative problem solving process

창의적 문제해결력을 평가하는 미래 문제해결 프로그램(FPSP: Future Problem Solving Program)은 3개의 영역으로 전체 6단계 문제해결 모형을 제시하였다. 문제의 이해에서는 단계 1: 도전 확인해내기, 단계 2: 핵심문제의 선정, 아이디어 생성에서는 단계 3: 해결 아이디어의 생성, 실행계획 세우기에서는 단계 4: 판단준거의 생성과 선택, 단계 5: 판단준거의 적용, 단계 6: 실행계획의 개발 등이다(김영재, 2010).

듀이는 문제해결의 속성을 반성적 사고(reflective thinking)로 간주했다. 듀이의 문제해결 과정은 곤란, 곤란검토, 가능한 해결책 제안, 제안/추리에 의한 전개, 행위에 의한 가설 검증의 5단계로 구성된다(조연순 외, 2010).

한편, 문제해결의 각 단계를 평가하는데 비판적 사고가 적용

될 수 있다. Hedges는 문제해결 과정은 문제를 재조직하기-문제 정의하기-개념을 이해하고 일반화시키기-가설세우고 검증하기-가설수정하기-결론 형성하기의 일련의 절차로 구성되어 있는 반면 비판적 사고는 문제해결 각각의 단계에 평가적 활동을 할 수 있는 능력들로 구성되었다고 하였다(최석민, 2004). French 또한 비판적 사고는 절차적이지 않음으로 인해, 비판적 사고의 기술과 전략은 사고되어야 할 특정한 과제의 필요에 의해 선택되어지는 것이라고 보았다.

나. 공학설계와 보고서

공학은 과학적, 경제학적, 사회적 원리와 실용적 지식을 활용하여 새로운 제품, 도구 등을 만드는 것 또는 만드는 것에 관한 학문으로 정의된다. 공학설계는 새로운 제품, 도구 등 공학 분야의 목적물을 만드는 일에 대한 계획을 세우고 아이디어를 구체화시키는 일로서 도면과 같은 공학설계 산출물 등을 포함하는 개념으로 정의할 수 있다.

Table 1의 ABEEK에서 제시하고 있는 6단계 공학설계에서 목표설정 단계의 세부 내용은 문제 인식 또는 문제 정의로 볼 수 있다(김은경, 2016; 김대수, 2016).

Table 1 ABEEK's engineering design stages

순서	단계	세부 내용
1	목표 설정(goal)	설계의 목표(주제) 및 기준 선정
2	합성(synthesis)	설계 목표 달성을 위한 설계도 제시
3	분석(analysis)	설계도 분석을 통한 해석 방법 및 결과 문서화
4	제작(construction)	필요한 부품 구입 및 제작
5	시험(testing)	시험 방법 문서화
6	평가(evaluation)	평가 기준 설정 및 평가, 팀 활동에 대한 자체 평가

따라서 창의적 문제해결에 중점을 두는 기초설계 교과목에서는 문제 인식을 포함하는 문제 정의 단계라고 할 수 있으며 일반적인 공학설계는 문제정의 단계라고 할 수 있다.

최근에는 설계의 개념이 매우 포괄적이어서 무엇이든 구체적인 계획을 세우는 일을 통틀어서 여겨지고 있다(김대수, 2016). 이러한 맥락에서 공학설계는 어떤 공학적 목표를 달성하기 위한 구체적인 계획과 관련된 것들을 총칭하며, 주어진 제한조건 안에서 목적에 부합하는(즉 바람직한 기능을 수행하는) 공학설계 결과물을 만드는 창조적 과정을 의미한다. 공학설계는 그 과정에서 산출되는 창의적인 발상에 따른 아이디어와 그에 따른 구체적인 목표와 블록다이어그램, 그리고 이에 수반되는 요구사항과 제한사항 등이 포함된다. 공학설계 교과목에서 과정의 산출물을 체계적으로 나열하고 정리하여 보고서를 작성하는 일은 공학도에게 핵심적으로 요구되는 의사소통 능력이다. 공학설계의 결과물은 공학설계의 개념과 정의에

따라 달라질 수 있으며 일반적으로 설계 결과물 외에 아이디어를 개략적으로 설명하는 개념 설계도인 스케치, 제품 도면, 공학적 해석 결과, 공정도, 시험 평가 보고서 등을 포함한다. 공학설계 보고서는 이러한 내용을 포함해서 공학설계 전반의 과정을 잘 기술되도록 작성되어야 할 것이다.

다음은 ABEEK 인증기준에서 공학설계 교과목과 연계된 학습성과이다.

- PO3 : 공학문제를 정의하고 공식화할 수 있는 능력
- PO4 : 공학문제를 해결하기 위해 최신 정보, 연구 결과, 적절한 도구를 활용할 수 있는 능력
- PO5 : 현실적 제한조건을 고려하여 시스템, 요소, 공정 등을 설계할 수 있는 능력
- PO6 : 공학문제를 해결하는 프로젝트 팀의 구성원으로서 팀 성과에 기여할 수 있는 능력
- PO7 : 다양한 환경에서 효과적으로 의사소통할 수 있는 능력

공학설계는 일반적으로 하나의 학문 영역일지라도 여러 분야가 연계된 복잡한 과정이며, 창의성과 분석력을 필요로 하는 상호작용적 반복 과정이 요구되는 특성을 갖는다(김은경, 2016). 또한 공학설계 프로세스는 응용 분야, 학자, 문헌에 따라 단계의 개수도 다르고 용어 또한 매우 다양하게 표현되어 있다. 공학설계 프로세스에서 최종 설계가 완료될 때까지 어떤 모델이나 프로토타입의 테스트와 수정은 매우 중요한데 때로는 이전 단계로 되돌아가서 다른 관점에서 문제를 살펴보는 것도 필요하다.

본 논문에서는 Fig. 2와 같이 7단계 공학설계 프로세스를 기준으로 사례를 제시하고자 한다.

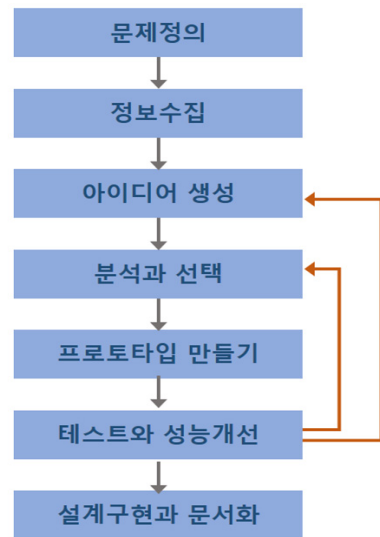


Fig. 2 Engineering design process

Fig. 2를 보면, 공학설계 프로세스 최종 단계에서 설계 구현 및 문서화를 한다. 공학설계 보고서는 설계 결과물을 평가하고 체계화하며, 팀원 또는 타인과 원활한 의사소통을 위해 작성한다. 공학설계 보고서에는 문제해결 과정을 직선적이고 계열적인 아니라 서로 연결되어 각 단계별 수행 내용을 기술해야 한다. 김영채(2010)는 문제해결의 과정에서 창의력은 창의적 문제해결력이라고 말한다. 따라서 창의적 문제해결력은 바로 이 단계별 또는 전체적인 평가 요소가 보고서에 잘 반영되었는지를 평가하는 것으로 볼 수 있다.

## 2. 창의적 문제해결 과정과 비판적 사고

비판적 사고의 개념이 문제해결적 속성을 가지며 창의적 문제해결 과정에서 창의성의 한 요소로서 비판적 사고가 강조되고 있다(최석민, 2004; 서민규, 2012).

공학설계는 여러 분야가 연계된 매우 복잡한 과정으로 창의성과 분석력을 필요로 한다. 특히 공학설계의 첫 단계인 문제 인식 단계에서 활용하는 창의적 발상 도구들은 풍부한 상상력을 토대로 가능한 많은 아이디어를 도출하고 평가하며 그 가운데 가장 좋은 아이디어를 선택하는 것이 핵심이다. 비판적 사고가 창의성의 요소를 갖는 것은 여러 연구에서 찾아볼 수 있다. 김영정(2005)은 어떤 사안에 대해 훌륭한 판단을 내리기 위해서는 다른 사람들이 말하는 것에서 잘못된 점을 찾아내는 것만으로는 충분하지 않고, 상상력을 토대로 자신이 고안해낼 수 있는 최선의 논증에 기초해서 판단을 할 필요가 있으며 다른 관점에서 논의사항들을 바라보아야 하며 대안적인 시나리오를 상상해야 하며 다른 적절한 정보들을 찾아내야 하는 것 등등이 필요하다고 즉 매우 창의적이 될 필요가 있다고 했다. 서민규(2012) 또한 비판적 사고의 양태는 제시된 논증과 아이디어를 잘 평가하고 이를 위해서는 종종 풍부한 상상력을 토대로 다른 가능성들, 대안적인 고려들, 그리고 다른 선택지 등을 창의적인 방식으로 찾아내야 하기 때문에 비판적 사고에서 창의성의 요소가 갖는 의미를 강조한다. 비판적 사고는 보편적으로 적용할 수 있는 어떤 사고기능 공식이나 따라야 할 단계가 있는 것이 아니라 쓰거나 조각처럼 창의적이고 생성적인 과정의 것이다. 비판적으로 사고하는 능력은 끝이 없는 과정이며, 다른 여러 기능과 함께 유능한 비판적 사고자가 될 수 있음으로 연습을 통해 사고 기능에 대한 학습이 이루어져야 한다(이명숙, 2010).

최희봉(2017)은 비판적 사고를 적용하기 위해서는 ‘주어진 또는 자신이 구성한 텍스트를 놓고 이것에 대해 비판적 사고의 여러 요소와 여러 기준을 적용시키는 것’임을 밝혀두었다. 비판적 사고의 요소들과 기준들은 이론가들에 따라, 8, 9 또는

10가지로 열거되는데, 비판적으로 사고한다는 것은 이런 요소들을 가지고 텍스트를 분석하고 이해하며, 이 요소들에 대해 특정 기준들을 적용시켜서 판단하고 평가하는 것을 말한다(이태영·최희봉, 2014; 최희봉, 2017).

Table 2 Elements and standards of critical thinking

번호	비판적 사고의 요소		비판적 사고의 기준	
	리처드 폴	김영정	리처드 폴	김영정
1	목적	목적	명료성	분명함
2	문제	문제	정밀성	명료성
3	정보	정보	정확성	정확성
4	함축(귀결)	함축	중요성	중요성
5	개념	개념	관련성	적절성
6	관점	관점	논리성	논리성
7	가정	전제	폭넓음	다각성
8	추론	결론	깊이	심층성
9		맥락	공정성	충분함

김영정(2005)은 비판적 사고는 어떤 주제나 내용 또는 문제에 관한 사고의 양태이며, 그 속에서 사고 속에 내재한 구조들을 숙련시키고 그것들에 지적 기준을 부과함으로써 자신의 사고의 질을 증진시킨다고 하였고, 비판적 사고를 크게 ‘분석적 사고’, ‘추론적 사고’, ‘종합적-대안적 사고’의 세 영역으로 구분하고 Table 3과 같이 비판적 사고의 9요소를 유사한 성격의 3가지 요소를 분류하였다.

Table 3 Three categories of critical thinking

사고	비판적 사고			
	분석적 사고	추론적 사고	종합적 사고	대안적 사고
	분석	논증	변증	
9요소	문제, 개념, 정보	결론, 전제, 함축	목적, 관점, 맥락	
9기준	분명함, 정확성, 명료성	적절성, 중요성, 논리성	다각성, 심층성, 충분함	

살펴본 바와 같이 비판적 사고가 창의적 문제해결을 포괄한다는 주장에서는 창의적 문제해결의 대안탐색이나 문제해결의 반성적 성격이 비판적 사고의 반성적 사고 즉 평가적 속성을 갖는 비판적 사고 개념을 포괄한다고 볼 수 있다.

## III. 비판적 사고를 적용한 공학설계 보고서 사례

### 1. 공학설계 보고서의 비판적 사고 적용

#### 가. 문제 정의

주어진 문제는 ‘7M 높이에서 계란을 낙하하였을 때 깨지지

않고 안전하게 착륙할 수 있는 낙하기구 설계'이다.

**비판적 사고:** 문제의 목표를 분명하고 명료하게 정의하고 문제의 맥락과 제약조건들을 파악한다. 어떤 문제는 표면에 쉽게 드러나는 인식된 문제가 아닌 문제에 근본 원인을 내포하고 있는 진짜 문제를 정의할 필요가 있다.

나. 정보 수집

낙하기구와 관련된 다양한 정보들을 폭넓게 수집한다.

**비판적 사고:** 인터넷 사이트, 도서, 특히 및 문헌 등을 활용하여 수집한다. 낙하기구 설계 사례와 다양한 모형에 대한 성공 및 실패 요인을 검색한다. 낙하기구 설계와 관련된 과학적 이론과 개념을 분석하고 충격을 흡수할 수 있는 구조물이나 속도를 줄여주는 것 등 계란을 보호할 수 있는 방안에 대해서도 분석한다. 가령, 무게 65g인 계란을 7M 높이에서 콘크리트 바닥에 추락하였을 때 충격력이 얼마나 될지 계산해봄으로써 충돌 시간이 길수록 충격력이 작아지는 사실을 이해할 수 있다. Fig. 3은 충돌에서 힘이 물체에 작용하는 충격량(impulse)을 나타내며, 힘-시간 곡선 아래의 면적에 해당된다.

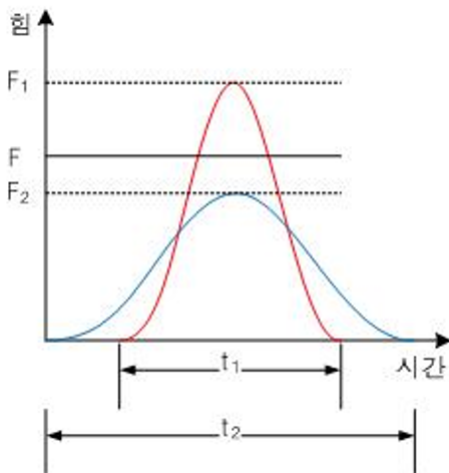
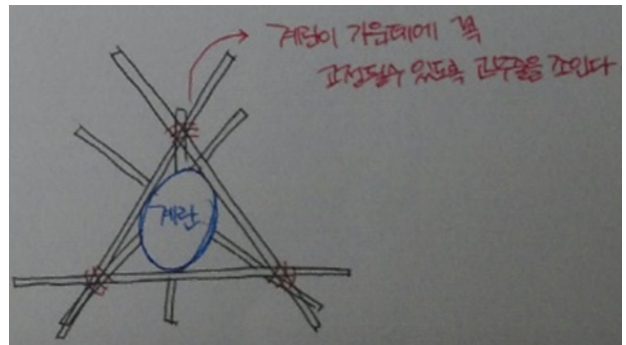


Fig. 3 Definition of Impulse; impulse is area of Force vs. Time curve

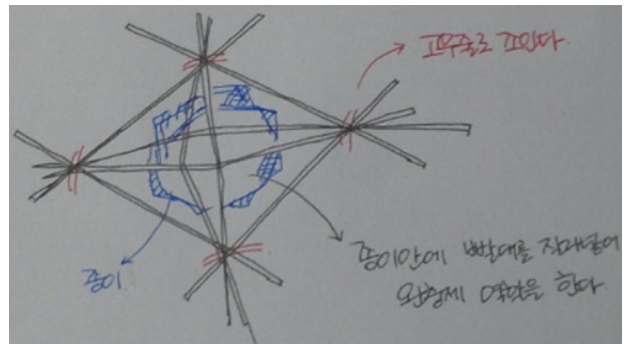
다. 아이디어 생성

브레인스토밍 등을 통해 다양한 아이디어와 해결 방안을 생성한다.

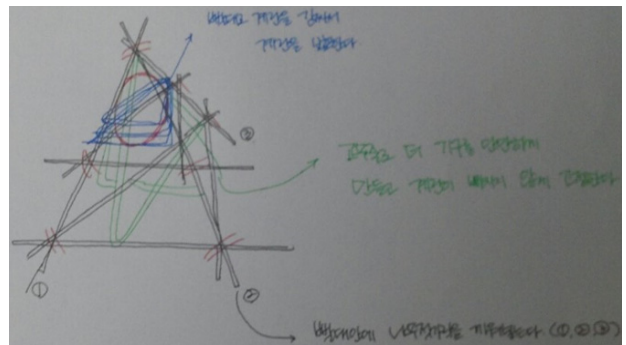
**비판적 사고:** 다른 시각과 관점의 탐구가 필요하다. 여러 성공사례의 공통점과 실패의 모순을 파악하는 것이 필요하다. 다른 논증이나 아이디어를 찾고 대안적인 고려들, 다른 선택지를 탐색하였는지 제시하도록 한다.



(1)



(2)



(3)

Fig. 4 Idea sketch samples

라. 분석과 선택

종합적 아이디어의 정확성 및 연관성과 완전성을 비판적으로 고려하여 분석하고 최적의 방법을 선택할 때 고정관념이나 편견은 없었는지를 파악한다.

**비판적 사고:** 각각의 아이디어를 분석하고 이를 바탕으로 최적의 방법을 선택한다. 구조물의 면이 많은 것보다는 최소한의 면을 튼튼하게 하여, 낙하하는 속도를 줄이면 충격이 감소된다는 정보에 낙하산을 다는 것과 실의 길이를 생각해 정사각형으로 제작하는 구조를 고려한다. 면을 튼튼하게 하는 것보다 면을 많이 하여 바닥에 부딪혔을 때 계란에 충격을 심하게 가지

않도록 해야 한다는 점에 유의한다. 정 8면체의 빨대 구조물 안에 계란을 넣고 그 구조물을 정 12면체 안에 집어넣는 것으로 피해를 최소화 할 수 있다.

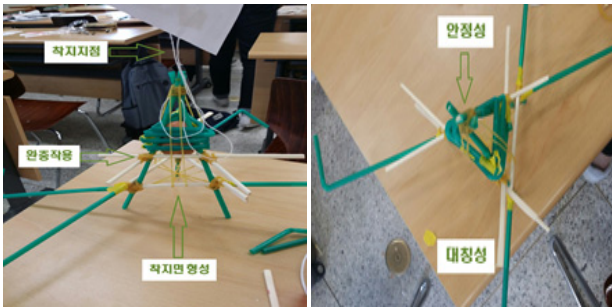


Fig. 5 Analysis of the solution

마. 프로토타입 제작

아이디어 과정에서 나타난 문제점을 명확히 파악하고 다양한 변수를 고려하여 프로토타입을 제작한다.

**비판적 사고:** 실제와 같은 기능과 요구사항을 만족시키는 프로토타입을 만든다. 전체적인 뼈대가 되는 구조물과 계란을 보호하는 내부, 속도를 줄여주는 낙하산 3가지로 나누어서 도출된 아이디어를 집목한다. 가운데에 구멍을 뚫는 아이디어는 시간을 한계까지 줄이려는 의도이기도 하지만 수직으로 정확하게 떨어뜨리기 위함이다. 이 실험에서는 계란 스스로가 낙하하는 방향을 조종할 수 없다. 그렇기에 낙하산 가운데에 구멍을 뚫어 공기가 지나가는 통로를 만들어 주고 낙하할 때 통로로 공기는 자연스럽게 빠져나가게 하여 수직으로 낙하하는 구조를 생각하였다.

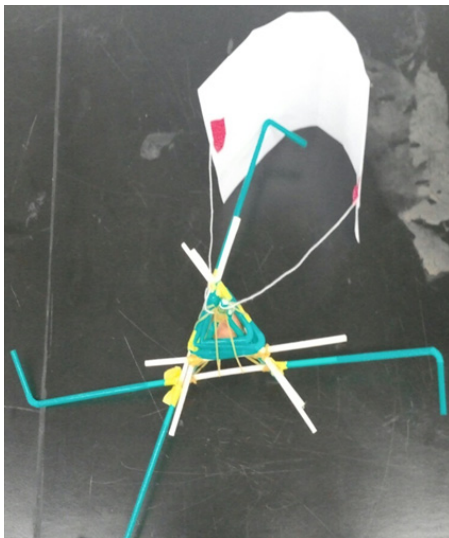


Fig. 6 Build a prototype

바. 테스트와 성능 개선

프로토타입에 대한 결과를 불분명하거나 모호함이 없이 명확하게 예측하고 의의를 파악하여 테스트하여야 하며, 문제가 발견될 시 이를 개선하는 구체적인 해결점을 모색한다.

**비판적 사고:** 프로토타입이 원래의 목표에 부합하는지를 테스트한다. 만약 미비한 점이 발견되면 아이디어 생성 또는 분석과 선택 단계로 되돌아가서 성능을 개선한다.

첫 번째 테스트는 낙하산을 제거하지 않고 시행하였고 두 번째는 낙하산을 제거하고 시행하였다. 첫 번째 테스트는 낙하산을 이용한 만큼 느리게 떨어졌지만, 계란이 깨지지 않았고 구조물도 큰 문제가 없었다. 두 번째 테스트에서는 속도는 낙하산이 있을 때보단 매우 빨랐지만, 계란은 깨졌다. 첫 번째 테스트 개선방안으로는 두 번째 테스트에 비해 속도가 매우 느렸기에 낙하산의 가운데 구멍을 크게 늘려 속도를 한계까지 올릴 필요성이 있다. 두 번째 테스트 개선방안으로는 계란을 감싼 틀이 뼈대를 보다 먼저 지면에 닿아 뼈대틀의 역할인 충격흡수를 하지 못하였기에 계란보호대의 길이를 수정하고 다른 면으로 계란틀이 노출되지 않게 하는 것과 계란틀이 중심에 오게 하여 구조물의 전체적인 중심을 맞출 필요성이 있다.

사. 설계 구현과 문서화

설계 과정과 결과에 참고자료를 어떻게 활용했는지 기술해야 하며, 프로토타입의 구성과 스타일에 있어 인과관계 및 상관관계를 고려하여 명확하게 제시하여 효과적으로 전달될 수 있도록 기술해야 한다.

**비판적 사고:** 프로토타입을 바탕으로 설계를 구현하고 문서화 작업을 한다. 공학설계 보고서는 설계의 각 단계에서 무엇을 하고 어떻게 수행하였는지 잘 반영되도록 작성한다. 또한, 공학설계 보고서에는 문제해결 과정을 직선적이고 계열적인 아니라 서로 연결되어 각 단계별 수행 내용을 기술해야 한다.

2. 공학설계 보고서의 평가 루브릭

공학설계 프로세스가 종료되면 각 단계의 수행 내용 및 결과물을 객관적이고 타당성 있는 보고서가 작성되어야 한다. 다음 Table 4의 공학설계 보고서 평가표는 비판적 사고를 활용한 평가표(Macy A. & Neil T., 2008; 황영미, 2018)를 변형하여 공학설계 보고서의 각 단계의 수행 내용 및 결과물에 대한 평가 루브릭을 제안한 것이다.

Table 4 Grading Rubric for Engineering design report

단계	학습목표	불충분	충분	능숙	성취
문제 정의	문제 파악 및 정의	문제를 파악하고 정의함에 있어 심각한 결여	문제를 파악하고 정의함에 있어서 불완전한 이해	주요 문제에 대한 이해도 높음	주요 문제에 대한 완전하고 정확한 이해
정보 수집	정보 수집에 있어 맥락과 상황 고려	정보 수집에 있어 다른 상황에 연관 짓지 못함	창의적인 정보가 아니라 기초적인 기존의 자료에 의지함	정보 수집에 있어 상황의 복잡함을 인지하나 고정관념이나 편견이 존재함	정보를 명료한 시야와 상황에 따라 분석하며, 수요자에 대한 고려도 포함됨
아이디어 생성	개인 아이디어 구성 및 제시	가설이나 자신의 주장을 제시하거나 합리화 시키지 못함	입장이나 가설에 이 기존의 입장을 받아들인 것이며, 고유의 생각에 대한 고려가 결여	고유의 생각과 다른 의견들을 인정, 반박, 합성, 또는 연장시킨 내용이 포함됨	아이디어를 생성하고, 객관적인 분석과 직관을 통합할 수 있으며, 대립되는 시점에 대응할 수 있음
분석과 선택	데이터를 뒷받침해주는 증거 제시, 평가, 분석	적절한 데이터와 정보를 포함시키지 못함	일부의 정보를 간과하고, 사실, 의견을 구분하지 않음	정보를 찾고 선택하고 평가하는 능력을 보여주지만 인과관계와 상관관계를 헷갈림	데이터를 모으고 합성할 수 있으며, 데이터의 정확도와 연관성과 완전함을 평가할 수 있음
프로토타입 만들기	프로토타입 제작 시 다른 변수나 구성에 대한 시각 고려와 응용	한 가지 요소만 다루고 다른 변수나 시각들은 다루지 못함	분석을 보충하기 위해 다른 시각과 변수를 연관시키지 시작함	다른 시각과 변수에 대한 인식은 있지만 대안적인 변수까지 고려하지는 못함	적절한 판단과 합리화를 거쳐 여러 변수와 아이디어를 통합적으로 고려하여 프로토타입을 제작할 수 있음
테스트와 성능 개선	설계 결과의 테스트에 있어서 의의를 파악하고 개선점 발견	테스트와 성능의 해결책이나 의견을 제시하지 못함	테스트와 성능 개선 결과에 대한 고려가 부족함	테스트와 성능 개선의 선택에 미치는 다양한 요소의 영향을 고려할 수 있으며, 성능의 의의를 제시할 수 있으나 개선 방향은 모호함	테스트와 성능 개선에 대한 방향을 명확하게 파악함. 의의를 적절하게 구성하며 성능의 개선을 충분히 고려함
설계 구현과 문서화	설계 결과에 대한 효과적인 의사소통	설계 과정과 결과에 대한 의미가 불분명한 표현을 다소 사용함. 참고문헌을 제시하지 않음	참고자료는 제시했으나, 보고서 자료에 오류가 있음.	오류는 심하지 않지만 형식에 문제가 있을 수 있음. 참고자료는 제시되어 있으며 정확히 사용됨	설계 구성과 스타일이 명확하며, 향상된 보고서를 작성할 수 있음. 참고자료의 응용은 정보 활용에 대한 충분한 이해도를 보여줌

## IV. 공학설계 보고서 쓰기 교육 모델

### 1. 공학설계 보고서 쓰기 교육 모델

#### 가. 문제 정의와 아이디어 생성 단계

앞서 살펴본 바와 같이 공학설계는 3~4명이 팀을 구성하여 수행하므로 공학설계 결과물 또는 공학설계 보고서는 협동학습으로 작성하게 된다. 설계 보고서의 목적은 공학 지식이 어떻게 우리의 삶과 연결되는가를 비판적 사고를 적용하여 살펴봄으로써 제대로 이를 수 있다. 교수자는 그런 점을 유의하면서 학생들에게 비판적 사고 과정의 기본적인 관점과 유의점, 즉 비판적 사고의 9요소와 9기준에 대해 학생들에게 지도해야 한다. 공학보고서 작성에 처음 부딪히는 것은 문제를 인식하는 것이다. 먼저 학생들은 문제를 발견하기 위해서 생각이 나는 대로 관련된 주제를 던지는 과정, 즉 브레인스토밍을 통해서 주제 선정을 시도함으로써 이러한 어려움을 극복하는 데 서로 도움을 받을 수 있다. 학생들은 전공 수업 시간에 배운 내용이나 인터넷, TV, 신문 등 각종 매체를 통해 접한 자신의 전공 지식에 대한 브레인스토밍을 통해 점차 공학 보고서에 적절한 주제에 접근할 수 있다. 브레인스토밍을 통

한 생성한 아이디어는 확실한 문제로 정의할 수 있어야 한다. 정의는 정확히 무엇에 관해 이야기하고 있는지에 대한 질문에 답하는 것이다(권성규, 2015). 아이디어에 대한 정의가 분명하지 않으면 방향을 잡기 어렵다. 그러므로 발견한 아이디어에 대한 이해도를 비판적 사고를 적용하여 검증하면서 정의를 확정해야 한다.

#### 나. 공학설계 보고서 쓰기 단계

비판적 사고 과정을 적용한 공학설계 보고서를 작성하기 위해서는 7단계의 과정의 검증을 거쳐야 한다. 그 과정을 거치면서 각 단계에 따라 설계 보고서 쓰기의 방향이 결정되어야 하며, 자료조사를 통해 확실한 범위로 좁혀야 한다. 문제정의부터 프로토타입을 제작하는 과정, 등 각 단계마다 다른 대안은 없는지를 검증해 보고 최선의 과정을 거칠 수 있도록 고려하는 과정 모두를 공학설계 보고서에 담도록 교수자가 지도해야 한다. 공학설계 보고서는 앞으로 공학설계 과정에서 이를 어떻게 전개해 나가겠다는 설계도와 같은 것이므로 적절하며 타당한 근거를 제시하고 있는지 가설은 얼마나 현실성이 있는지 등을 확인함으로써 공학설계 보고서가 더욱 바람직하게 작성될 것이다.

다. 보고서 발표와 협동 글쓰기 검증 및 평가 단계

처음 아이디어 생성 및 문제정의를 쓴 조원의 글에 대해서 같은 조의 다른 학생이 자신의 의견대로 수정을 하거나, 서로 의견을 묻고 수정하는 과정이 필요하다. 이러한 협동 글쓰기를 통해서 학생들은 공학설계 보고서를 완성해 가며, 작성 과정에 문제가 생겼을 경우, 교수자에게 문서를 공유하여 의견을 구할 수 있다. 각 조가 성과물을 게시판에 올리면, 다른 조들이 비판적 사고를 활용하여 공학보고서를 검토하여 적절한 조언을 할 수 있다.

교수자 및 같은 수업을 듣는 학생들을 통해 검토된 공학설계 보고서는 토론의 내용을 바탕으로 수정의 작업을 거쳐서 최종 완성본을 만들고, 이를 교수자에 의해 평가받음으로써 공학보고서 쓰기는 완료된다. 다음 Fig. 7은 공학설계 수업에서의 보고서 쓰기 교육의 각 단계를 비판적 사고를 적용한 수업모델로 제안한 것이다.

2. 비판적 사고를 활용한 공학설계 보고서 쓰기 교육의 효과

공학설계 과정은 해당 문제를 찾아 타당한 근거로 정의하는 것이 최우선 순서이며 다양한 출처로 정보를 수집했는지, 근거를 제시했는지, 아이디어 생산에 있어서 다양한 관점으로 생각했는지, 이 아이디어에 대하여 스스로 ‘관찰’하고 주요 주제로 정리했는지를 스스로 ‘분석’하고 선택하는 과정을 거친다. 이때 의견과 사실을 구분하고 각각의 정보에 대한 가치를 ‘평가’하는 과정을 거쳐 선택하는 과정이 중요하다. 이에 따라 프로토타입을 제작하면서도 다른 변수나 구성에 대해서도 가능한 결과에 대한 ‘반성’을 했는지에 대해 스스로 검증을 해 가면서 테스트와 성능 개선을 고려한다. 이후 설계 구현을 하는 단계에서도 이를 공학설계 보고서로 문서화하는 작업에서도 스스로 검증단계를 거친다.

이처럼 아이디어 생산에서부터 결과까지의 과정마다 비판적 사고를 적용하여 공학설계 보고서를 쓴다면 보다 탄탄한 결과를 생산하게 될 것이다. 즉, 비판적 사고 과정의 단계를 거치지 않은 보고서와는 차별화되는 공학설계 보고서를 작성할 수 있을 것이다.

그러므로 비판적 사고를 적용한 공학설계 보고서의 효과는 첫째로 공학설계 보고서를 쓰는 과정을 통해 최선의 문제해결을 모색할 수 있다는 점이다. 다양한 대안들을 모색하며 현재 아이디어의 비판점을 찾아봄으로써 실패율을 줄일 수도 있다. 그리하여 최소 비용으로 최대 효과를 창출할 수 있는 공학설계를 할 수 있는 효과도 거둘 것이다. 둘째로 공학도를 단지 기술력만 지닌 기술자가 아니라 사회와 인간의 삶에 대한 깊은 성찰을 통한 융합적 전문가로 양성될 수 있다. 다음으로 공학의 나아갈 바람직한 방향에 대해 비판적 사고를 함으로써 무엇이 진정으로 인간에게 도움이 되는 기술력인가에 대해 고민하여 공학발전의 지평을 넓힐 수 있다. 공학이 인간과 맺는 관계에 대해 보다 깊이 성찰하는 과정을 통해 공학이 단지 기술에 그치는 것이 아니라 사회와 인간의 지속가능한 발전을 모색할 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

V. 결 론

비판적 사고는 전공과 관계없이 모든 대학생들이 갖추어야 할 핵심 능력이다. 특히 공학교육인증제와 함께 공학도들에게 비판적 사고 능력은 더욱 강조되고 있다. 공학도들은 학습과정 내에서 비판적 사고를 활용하여 다양한 평가를 내리고 자기 계발을 할 수 있게 된다. 공학설계 학습 과정에서 쓰는 공학설계 보고서 작성에 있어서도 비판적 사고 과정을 통해 한 가지 관점에서 벗어나 다양한 다른 관점으로 사고를 확장시키며, 사고의 근거를 모색하여 사고에 의문을 제기하며 근거의 타당성을 검증할 수 있게 된다. 즉 왜 이러한 아이디어를 생각하게 되었

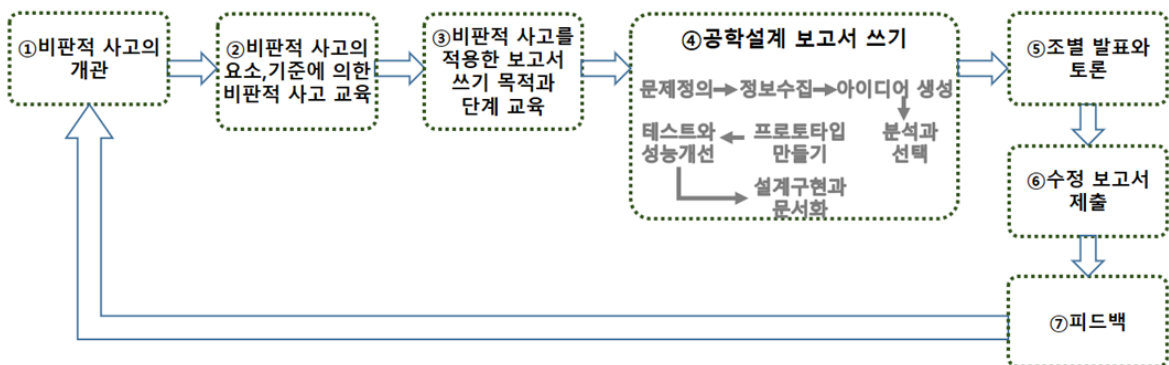


Fig. 7 Education Model for Engineering Design Report Writing Using Critical Thinking



으며, 그 결과 어떠한 결과가 생산되는지 그 과정을 스스로 설명할 수 있게 되며, 그것을 공학설계 보고서라는 양식을 통해 쓰기까지의 모든 과정은 비판적 사고 과정을 통해 보다 검증가능하며 창의적인 보고서를 작성할 수 있게 된다.

공학보고서를 작성하기 위해서는 자신이 배운 지식을 이해하고 그것을 체계화하여 전달할 수 있어야 한다. 이때 필요한 능력이 비판적 사고력과 의사소통 능력이다. 이론이나 실습을 통해 공학설계에 대한 지식을 정확하게 이해하고 습득하여 그것을 알기 쉽게 체계적으로 구성해 보고서로 작성한다는 것은 자신들이 연마하는 지식이 어떻게 세계에 영향을 미치는가를 고민하게 되는 과정이다. 이는 자신을 둘러싼 세계에 대해 질문을 던지는 비판적 사고과정과 닮아 있다. 공학보고서는 단순히 공학적 지식을 쉽게 전달하는 데 그치는 것이 아니라 그것이 세계와 관련되는 방식에 대해서 치열하게 고민해야만 보고서를 구성할 수 있다.

또한 교수자도 비판적 사고 단계를 통한 조직화된 루브릭을 통해 공학설계 보고서 평가를 한다면 결과보다 과정을 중시하는 보다 객관적인 평가가 가능해질 수 있으며, 평가의 기준을 보다 명확히 제시할 수 있을 것이다. 그러므로 비판적 사고 단계의 활용은 교수자와 학생 모두에게 좋은 학습결과를 창출할 수 있는 모델로 기능할 수 있다.

이 논문은 공학설계 수업 과정에 비판적 사고를 적용하여 접근하였지만, 다른 공학보고서 교육에도 유효하게 활용될 것으로 생각된다.

본 연구는 한송엽 서울대학교 전기·정보공학부 명예교수의 기금과 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회연구소 지원 사업의 지원으로 수행되었음 (NRF-2019 S1A5C2A04083150).

## 참고문헌

1. 권성규(2015). 공학도를 위한 글쓰기. 학산미디어.
2. 김대수(2016). 창의공학설계. 생능출판사.
3. 김영정(2005). 비판적 사고의 9요소와 9기준. *인문·역사*, 53(11),

- 217-225.
4. 김영채(2010). 창의력의 이론과 개발. *교육과학사*.
5. 김은경(2016). 창의적 공학설계. 한빛아카데미.
6. 서민규(2012). 비판적 사고와 창의적 문제해결. *교양교육연구*, 6(3), 221-247.
7. 이명숙(2010). 비판적사고 교육의 변천과 수업실제. *교육하는 총*, 31(1), 1-18.
8. 이인영(2010). 효과적인 과학 글쓰기 교육을 위한 공학 실험 보고서 고찰. *현대문학의 연구*, 40, 551-578.
9. 조연순·성진숙·이혜주(2010). 창의성 교육. *이화여자대학교출판부*.
10. 최석민(2004). 듀이의 문제해결과 비판적 사고의 관계. *교육철학*, 25, 163-178.
11. 최희봉·김태영(2014). 비판적 사고와 철학적 논증. *교양교육연구*, 8(6), 585-614.
12. 최희봉(2017). 비판적 사고와 철학상당. *철학논집*, 50, 165-200.
13. 황영미(2018). 공학도를 위한 비판적 사고 교육 연구-영화 활용교육을 중심으로. *Journal of Engineering Education Research*, 21(4), 3-9.
14. Macy A. & Neil T.(2008), Using movies as a vehicle for critical thinking in economics and business, *Journal of Economics and Economic Education Research*, 9(1), 31-51.



**구진희 (Ku, Jin-Hee)**

2001년: 충남대학교 컴퓨터과학교육학과 석사  
 2010년: 동 대학원 공업(컴퓨터)교육학과 박사  
 2010년~현재: 목원대학교 소프트웨어교양학부 조교수  
 관심분야: 공학 및 컴퓨터교육, 컴퓨팅사고, 비판적사고  
 E-mail: jhku@mokwon.ac.kr



**황영미 (Hwang, Young-mee)**

1995년: 숙명여자대학교 대학원 국어국문학과 석사  
 1999년: 동 대학원 국어국문학과 박사  
 2002년~현재: 숙명여자대학교 기초교양대학 부교수,  
 한국공학교육학회 비판적사고교육연구 이사, 대학교양  
 교육연구소협의회회장  
 관심분야: 의사소통교육, 인문융합, 영화비평, 비판적  
 사고  
 E-mail: hym4322@sm.ac.kr