

산업체 연계 프로젝트 기반 학습(PBL)을 활용한 성형해석 실습 교과목 운영 사례 연구

민동균^{*†}·이민호^{**}

^{*}한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수

^{**}한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 기술연구원

Case Study on Education of Metal Forming Simulation Practice Subject through Industry-linked Project Based Learning

Min, Dong-Kyun^{*†}·Lee, Min-Ho^{**}

^{*}Professor, School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

^{**}Engineering Technician, School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct Project Based Learning (PBL) in collaboration with industry experts to operate practical subjects in an industry-university-linked teaching method. PBL is a teaching method in which students can learn through actively engaging in real-world and personally meaningful projects. For a long period of time, PBL methodologies have been found to be especially effective in engineering education. This case study deals with the operational results of a practice subject which has been conducted over three years from 2017 to 2019 in Korea University of Technology and Education. The course is for the 4th grade students in the school of mechatronics engineering. The results of the surveyed learning outcomes (for example, Program Outcomes and Course Learning Outcomes) have been analyzed and reflected in the next years for the Continuous Quality Improvement. By working on practical projects linked to industry, students have been able to develop so-called 4C's capabilities which are Critical Thinking, Creativity, Communication and Collaboration.

Keywords: IPBL(Industry-linked Project Based Learning), Practice subject, Program outcomes, Course learning outcomes, Continuous quality improvement, 4C's

1. 서 론

1. 개요

프로젝트 기반 학습(Project Based Learning, 이하 PBL)은 학생들이 실제적이고 개인적으로 의미 있는 프로젝트에 적극적으로 참여함으로써 학습하는 교수법으로서, 1830년대 유럽을 중심으로 무역과 산업학교에서 엔지니어와 장인 양성 교육을 위해 도입된 이래, 매우 다양한 분야의 교육에 적용되면서 확장되어 오고 있다. 특히 21세기의 복잡하고 불확실한 미래 사회를 살아가는데 가장 필수적인, 혹은 반드시 함양해야 할 역량들인 소위 "4C's", 즉 비판적 사고(Critical Thinking), 창의성

(Creativity), 소통(Communication) 및 협업 능력(Collaboration) 등의 4가지 역량들을 공학도들이 적절하게 활용하고 기를 수 있도록 하기 위해서 오늘날 공학 교육에서는 특히 중요한 의미를 갖는다(Howell, 2003; 박경선, 2014).

이러한 중요성에도 불구하고 실제로 PBL 기법을 활용하여 운영한 교과목들에 대하여 수강학생들의 만족도 조사 결과에 따르면 PBL 수강학생들은 초기 방향과 주제를 설정하는 과정에서 가장 많은 어려움을 느낀다고 답하였다(이소영, 2015). 프로젝트의 초기 주제 선정이 중요하다는 인식에 기반하여 다양한 모델들이 개발되어 있으나(김은경, 2013), 학생들이 프로젝트 주제를 자유롭게 선정하는 경우, 학생들의 흥미나 관심 위주의 범위에 그칠 수 있어 산업현장에서 실제로 발생하는 문제의 수준과 양상과는 다소 거리가 있는 경우가 있다는 연구가 보고되고 있다(김은경, 2013). 또한 산업체와 연계하여 실제적인 산업현장의 문제를 직접 프로젝트화하여 문제해결을 수행

Received May 11, 2020; Revised June 3, 2020

Accepted June 7, 2020

† Corresponding Author: dkmin@koreatech.ac.kr

©2020 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

하는 교육 모델들에 대한 연구는 현재까지는 상대적으로 미진한 실정이다.

본 연구에서는 기존의 PBL 방식이 주제선정부터 학습활동의 전개 과정까지 학생들의 관심과 흥미를 중심으로 진행된 것에 반하여, 산업체와의 긴밀한 협조체제를 바탕으로 전공실습 교과목을 운영하면서 실제 산업체에서 발생하는 생산 공정상의 다양한 문제점들을 학생들에게 미리 제공하고 이들 중 하나 이상의 문제점에 대한 프로젝트를 학생들이 스스로 선택하고 해결하도록 함으로써 학생들의 실무능력과 학습성과를 배양하는 사례를 다루고 있다. 해당 교과목은 한국기술교육대학교(이하 KoreaTech 혹은 코리아텍) 메카트로닉스공학부 4학년 학생들을 대상으로 2017년도부터 2019년도까지 3개년에 걸쳐 운영된 전공실습 교과목으로서, 매 학년도마다 교과목 학습성과(Course Learning Outcomes, 이하 CLO)와 프로그램 학습성과(Programs Outcomes, 이하 PO) 및 학생들의 강의만족도 등을 평가한 후, 평가결과를 바탕으로 차년도 교육과정을 개선하도록 하였다.

2. 이론적 배경

최근에 들어서면서 전 세계적으로 PBL은 공학 분야뿐만 아니라 의학, 교육학, 경제학, 경영학 등 매우 다양한 분야의 교육 현장에서 운영되고 있으며, 특히 공학 설계 교육에 있어서는 학생들이 의미 있는 실제 현장의 문제를 발견하고 해결하는 과정을 통해 과학, 기술, 수학의 기본 지식을 적용할 수 있는 토대를 마련해 준다는 점에서 긍정적인 평가를 받고 있다(변문경·조문흠, 2016; Caprano et al., 2013).

PBL 기법을 교과 운영에 적용함에 있어 각 대학들은 그 대학들의 교육 특성과 여건에 부합하도록 편성하여 운영하고 있으며 대체적으로 공통적인 전개 과정은 Table 1과 같이 준비, 주제 선정, 프로젝트 계획, 정보 탐색, 과제 해결, 결과물 개발, 발표 및 평가하기 등으로 구성된다(김혜영, 2011).

현재 국내의 많은 대학들에서 PBL 기법을 공학교육에 적용한 교과 운영사례들이 발표되었고, 현재에도 지속적인 연구가 진행되고 있으며(강인에 외, 2007; 장경원, 2009; 최정임, 2007; 윤관식·이병철, 2009; 김문수, 2015; 김경화, 2019), 대학 교육과정 전체 차원에서의 도입 및 운영 사례로는 한양대학교 ERICA 캠퍼스의 IC-PBL(Industry-Coupled Problem-Based Learning)을 들 수 있다. 이 방법은 단순히 프로젝트의 주제를 교수자와 학습자가 임의로 자유롭게 설정하는 것이 아니라 산업체(Industry), 지역사회(Society), 학교의 상호연계를 통하여 학습자가 현장에서 발생하는 실제적인 문제를 해결하는 창의 융합형 인재 육성을 목표로 한 교육 모델로서, 현재에는 공학

분야 교육뿐만 아니라 2017년 신입생부터 공통 PBL 3과목, 전공 PBL 1과목 이상의 이수를 의무화하는 등, 전 전공 분야 영역에 걸쳐 확대하여 시행되고 있다(박기수, 2019).

Table 1 Phases of PBL

핵심 단계	단계별 활동	
	활동 요소	세부 내용
준비	수행 준비	오리엔테이션 가이드라인
	주제 선정	주제 결정
주제 선정	주제 설계	소주제 작성, 관련 자원 수집, 논의의 가이드라인 검토
	탐구 설계	활동계획, 자원목록 결정, 목표 설정
프로젝트 계획	수행일정 계획	일정 및 절차 계획, 역할분담, 피드백 교환
	정보 탐색	정보 탐색
정보 탐색	정보 탐색	개별과제 수행, 지식탐색
과제 해결	과제해결안 작성	자료분석 및 결론 도출
결과물 개발	결과물 개발	협력적 보고서 작성
발표	발표 및 논의	발표 및 토론, 피드백 받기
평가	평가	성찰, 평가

한편 실천적 공학교육을 목표로 하여, 전체 전공 교과과정의 50%이상을 실험·실습 교육에 집중하고 있는 한국기술교육대학교에서도 대학 설립 초기부터 다양한 형태의 교육 기법들이 실험·실습 교육에 적용되어 운영되고 있다. 본 연구에서 다루고 있는 『성형해석및실습』 교과목은 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 생산시스템전공의 4학년 학생들을 대상으로 한 전공선택 교과목으로서 금속성형해석에 대한 전반적인 내용을 이론과 실습을 병행하여 교육하는 교과목이다. 여기서 “금속성형공정”이란 재료에 외력을 작용하여 형상을 변형시킨 후, 외력이 제거된 이후에도 변형된 상태를 유지시키는 가공법으로서 대표적인 생산가공 공정들 중의 하나이다. 『성형해석및실습』 교과목에서는 금속성형 가공에 대한 관련 해석이론을 학습한 후, 성형해석 전용 소프트웨어를 활용하여 시뮬레이션을 해 봄으로써 학습자들의 실무해석능력과 설계능력을 배양시키는데 그 목적이 있다. 본 교과목에서 2016학년도까지는 다양한 성형가공 방법과 관련한 해석 이론과 해석기법을 학습한 후, 팀을 구성하여 학습자들이 관심 있는 주제를 자유롭게 선정하고 이에 대한 심화 학습을 수행하도록 함으로써 자기주도학습 능력과 발표 능력을 배양하도록 운영되었다.

그러나 학부과정 학생들의 지식과 경험만을 바탕으로 관심 주제를 자유롭게 선정할 수 있도록 한 결과, 선정된 주제들이 실제적인 문제의 해결과는 다소 거리가 있는 문제점이 발생하게 되었고, 당초의 교과목 목표였던 실무능력 향상을 고려한 보다 효과적인 학습법에 대한 필요성이 대두되었다.

이러한 기존의 문제점을 보완하기 위하여 2017학년도부터는 해석 실습 초반부터 산업체와의 밀접한 연계를 통해 문제 도출, 주제 선정, 해석실습 진행, 결과 검증에 이르는 전 과정을 산학연계교육의 형태로 진행하는 방법을 도입하게 되었다. 본 연구에서는 2017학년도부터 2019학년도까지 『성형해석및실습』 교과목에서 수행한 산업체 연계 PBL(Industry-linked Project Based Learning, 이하 IPBL) 기법을 활용한 학습결과를 바탕으로, 학습자의 현장실무능력 향상을 위한 수업 방법에 대해 고찰한다. IPBL이란 실제 산업 현장의 실무 문제를 주제로 학습자들이 팀 활동을 통해 자기 주도적 학습을 진행하도록 하는 수업 기법으로서, 산업체와 연계된 프로젝트를 수행하면서 학습자들은 협업을 통해 문제를 해결하는 전반적인 과정에 대해 학습하며, 현장 문제를 실제로 다루어 봄으로써 실무능력을 배양시킬 수 있었다.

3. 산업체 연계 PBL의 활용

산업현장의 실제적인 문제들을 학생들에게 제시하고 이를 해결하기 위한 프로젝트를 수행하기 위해서는 유기적이고 적극적인 산학연계교육을 통한 교과목 운영이 필수적으로 요구된다. 본 교과목에서는 IPBL 운영을 위하여 대학 인근에 소재한 체결용 기계부품 제조전문 중견기업과의 긴밀한 협의를 통해 아래와 같이 교과목 내용을 개편하였다.

- ① 산업 현장 실무 문제 정의
- ② 현장 견학
- ③ 기업체 전문가의 질의/응답 및 조언
- ④ 공동 평가

이와 더불어 성형해석 소프트웨어 전문가와의 질의/응답 및 조언을 통하여 시뮬레이션 수행과정 중 발생할 수 있는 시행착오를 줄일 수 있도록 설계하였다.

II. 강의 계획과 운영 방법 개편

1. 강의 계획

2017학년도에 운영된 『성형해석및실습』 교과목에서는 학기 초 실습교육 과정(1~6주)에서 재료 물성치 획득을 위한 실험적 방법, 금속성형 재료의 이해, 마찰계수의 적용 방법 등을 포함시켜서 금속성형공정에 대한 학습자의 이해를 돕도록 하였다. 이후 본 교과목의 전반적인 이론 교육과 함께 성형해석 전용 소프트웨어의 활용에 필요한 본격적인 실습 과정(7주~12주)을 수행하였다. 마지막으로 현장실무문제 해결을 위하여 실제 산업현장에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 프로젝트

에 대하여 IPBL(13주~16주)을 수행하였다. Table 2는 해당 교과목에 대한 2017학년도 교수계획서이다.

Table 2 Syllabus of 『Metal Forming Simulation Practice』(2017)

주차	이론학습내용	실습학습내용
1	교과목 오리엔테이션	
2	소재변형의 기초이론(1)	봉재 인장시험
3	소재변형의 기초이론(2)	판재 인장시험
4	소재변형의 기초이론(3)	링 테스트(마찰계수)
5	소재변형의 기초이론(4)	드로잉실습
6	성형공정해석 방법(1)	재료물성 이해와 적용(S/W)
7	성형공정해석 방법(2)	성형해석프로그램 설치/소개
8	중간평가	성형해석프로그램교육(1)
9	성형가공장치	성형해석프로그램교육(2)
10	단조	성형해석프로그램교육(3)
11	압출	성형해석프로그램교육(4)
12	판재성형기초이론(1)	성형해석프로그램교육(5)
13	판재성형기초이론(2)	IPBL 수행(1), 전문가의 문제 설명
14	판재의 전단과 굽힘	IPBL 수행(2)
15	판재의 성형	IPBL 수행(3)
16	기말평가(선택적)	발표 및 공동 평가

2. IPBL 활용을 위한 주제의 선정

본 교과목에서 IPBL을 적용하여 다루어진 내용은 결합용 기계요소들 중 하나인 너트 제조 공정에서 발생할 수 있는 성형 결함에 대한 예측과 해결 방안의 모색에 관한 것이다. 산업현장에서 너트 제조를 위한 실제 냉간단조 공정은 Fig 1과 같이

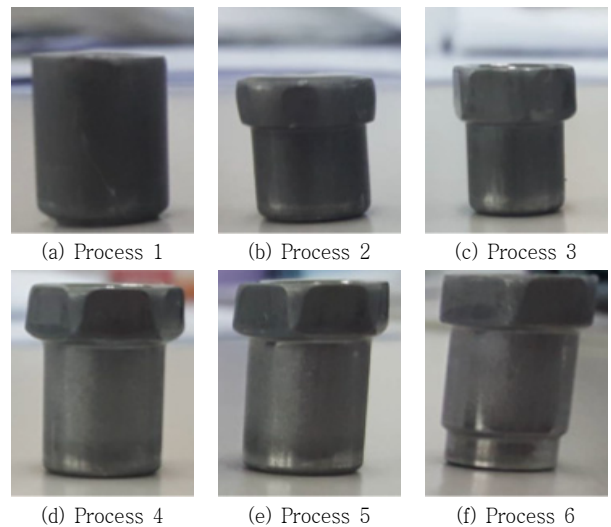
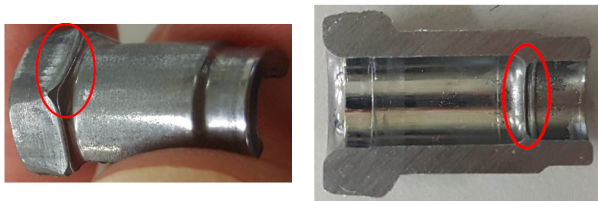


Fig 1. Nut Manufacturing Processes dealt with IPBL

순차적으로 총 6단계로 진행된다. Fig 2에서 볼 수 있는 바와 같은 3번 및 6번 공정에서의 겹침 결함(lap defects) 등의 단조 결함 발생은 제품의 경도 저하 및 조립 불가 등의 문제를 야기 하게 되며, 이 문제를 해결하기 위한 추가 또는 가공 공정이 필요하게 된다. 이에 따라 전체 공정수를 초과하지 않는 범위에서의 공정설계 변경이 필요하게 된다. 본 교과목에서 수행하는 산업체 연계 프로젝트에서는 실제 산업현장에서 발생하는 이러한 기술적 문제에 대하여 금속성형 해석 전용 소프트웨어인 DEFORM-2D와 DEFORM-3D를 활용하여 시뮬레이션을 통해 구현하고, 문제점을 분석하여 개선점을 도출하고자 하였다.



① Outer Lap ② Inner Lap
Fig 2. Defects dealt with IPBL Problem

3. 교과목 학습성과

가. 학습성과의 설정

현재 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부에서는 한국공학교육인증기준에 기반한 공학교육 프로그램을 운영하고 있으며(한국공학교육인증원, 2014), 프로그램 학습 성과(PO)는 1. 기초지식, 2. 분석확인, 3. 설계능력, 4. 문제정의, 5. 실무능력, 6. 팀워크능력, 7. 의사소통, 8. 생애학습, 9. 영향예측, 10. 직업윤리 등 총 10개의 학습성표를 설정하고 있다. 이들 중에서 본 교과목의 학습성과(CLO)는 PO1, PO3, PO4 및 PO5에 해당하며, 이는 2017학년도부터 2019년까지 Table 3과 같이 동일하게 설정되어 운영되었다.

Table 3 Program Outcomes for 'Metal Forming Simulation Practice' during 2017~2019

PO1	PO3	PO4	PO5
기초지식	설계능력	문제정의	실무능력

아울러 학기중 3회에 걸쳐 실시하는 수업반응도 조사의 항목들 중에서 문항 9의 “적절한 수업방법을 통하여 수업에 흥미를 느끼도록 동기부여가 되었다”와 문항 12에 해당하는 “나는 이 수업을 통하여 얻고자 한 것(지식, 기술 등)을 충분히 성취할 수 있었다”의 항목에 대한 자기진단결과도 학습성과 평가에 포함하여 고려하였다.

나. 학습성과의 평가

평가방법은 Table 4와 같으며, 평가도구로 발표평가와 보고서 평가를 도입하였고 60%이상의 달성을 학습성과 달성 여부의 판단 기준으로 설정하였다. 아울러 평가에 대한 객관성을 기하기 위하여 산업체 전문가를 초청하여 공동 평가를 진행하였다.

Table 4 Program outcomes evaluation table

평가도구	보고서	최종발표	최종발표	보고서	보고서
학습성과	PO1	PO3		PO4	PO5
	이해도	설계절차	설계수행	이해도	실무기술
만점(배점)	5점	5점	5점	5점	5점
점수 구간	'상'				
	'하'				
순서	학생성명				
평균					

4. IPBL 적용 과정

가. 2017학년도 적용 사례

1) 팀 구성

총 인원 13명이며, 한 조당 2~3인, 총 6개조로 구성하였다.

2) 평가 도구

발표평가와 보고서 평가로 구분하였으며, 평가항목은 아래의 Table 5와 같다. 별도로 동료평가도 실시하였으나, 학습자들 간의 의견 공유 차원의 목적으로만 활용하였으며 성적에는 반영하지 않았다.

Table 5 Evaluation Items in 2017

PO1	PO3	PO4	PO5
- 형상 정의	- 공정순서 - 해석조건	- 금형 또는 공정 설계	- 최종 해석결과 및 개선결과

3) 평가 결과

가) 학습성과 평가 결과

학습성과 평가 결과는 Table 6과 같으며, 총 6개팀의 학습성과 평가의 PO1, PO3, PO4, PO5의 평균값은 4.25로 전체적으로는 평가결과값을 보인 반면, PO5는 3.5로 상대적으로 낮은 평균값을 나타내었으며, 수업반응도조사의 문항 9은 4.69, 문항 12는 4.77로 조사되었다. 이는 실무능력에 대한 학생들의 성평가 다소 부족한 것으로 보이며, 2018학년도 개선 방향에 반영하였다.

Table 6 Program outcome evaluation result in 2017

평가도구		보고서	최종발표	최종발표	보고서	보고서
학습성과		PO1	PO3		PO4	PO5
		이해도	설계절차	설계수행	이해도	실무기술
만점(배점)		5점	5점	5점	5점	5점
점수 구간	'상'	5	5	5	5	5
	'하'	5	3	3	3	3
순서	학생성명	-	-	-	-	-
평균		5	4	5	4	3.5

나) 종합 평가 결과

총 6개의 팀 중, 현장에서 발생하는 2가지 문제에 대하여 시뮬레이션을 통해 구현한 팀은 5팀이었으며, 개선안을 도출한 팀은 4팀이었다. 그러나 산업체 전문가와 공동으로 결과 보고서를 재검토했던 결과, 현장실무에서는 가능하지 않은 업세팅 량, 금형간 거리, 금형 각도 등을 무리하게 적용하였음을 확인하게 되었고, 발표 평가 이후 팀별 최종면담에서 대다수의 학습자들이 금형 공정을 이해하는데 많은 시간이 소요되었으며, 특히 시뮬레이션 시간이 부족하였다는 어려움을 토로하였다. 또한 일부학습자는 IPBL 프로젝트 주제를 미리 안내해 주기를 요청하였다.

나. 2018학년도 적용 사례

1) 교수계획의 수정

이전 연도 학습자들이 토로한 컴퓨터 시뮬레이션 시간 부족의 문제점을 보완하기 위하여 2018년도의 IPBL 운영 시에는 관련 실습실을 24시간 개방하여 학생들이 원하는 시간에는 언제든지 실습할 수 있는 체계를 제공하였다. 아울러 7주차에는 산업체 현장 방문을 실시하여 IPBL의 주제와 방향에 대하여 사전 안내를 진행하고, 기업체 전문가의 금형에 대한 설명을 Table 7과 같이 13주차의 실습 내용에 포함하였다.

2) 팀 구성

총 인원 25명이며, 4~5인 1조, 총 6개 조로 구성하였다.

3) 평가 도구

발표평가와 보고서 평가는 2017년과 동일하게 진행하였으며, 평가항목은 2017학년도 평가결과를 반영하기 위해 산업체 현장 전문가의 의견을 포함하여 주제의 이해 및 공정의 적합성 등의 내용을 포함하였으며, 효과적인 팀워크 발휘 및 효과적인 결과를 얻기 위해 일정계획과 회의록 등의 내용들도 평가항목으로 포함시켜서 아래의 Table 8과 같이 운영하였다. 2018학년도에서도 동료평가 결과는 포함시키지 않았다.

Table 7 Syllabus of 『Metal Forming Simulation Practice』 (2018)

주차	이론학습내용	실습학습내용
1	교과목 오리엔테이션	
2	소재변형의 기초이론(1)	봉재 인장시험
3	소재변형의 기초이론(2)	판재 인장시험
4	소재변형의 기초이론(3)	링 테스트(마찰계수)
5	소재변형의 기초이론(4)	드로잉실습
6	성형공정해석 방법(1)	재료물성 이해와 적용(S/W)
7	성형공정해석 방법(2)	기업체견학, IPBL 주제안내
8	중간평가	성형해석프로그램교육(1)
9	성형가공장치	성형해석프로그램교육(2)
10	단조	성형해석프로그램교육(3)
11	압출	성형해석프로그램교육(4)
12	판재성형기초이론(1)	성형해석프로그램교육(5)
13	판재성형기초이론(2)	IPBL 수행(1), 금형의 이해
14	판재의 전단과 굽힘	IPBL 수행(2)
15	판재의 성형	IPBL 수행(3)
16	기말평가(선택적)	발표 및 공동 평가

Table 8 Evaluation Items in 2018

PO1	PO3	PO4	PO5
- 주제의 이해 - 형상정의	- 공정순서 - 해석조건	- 금형 또는 공정 설계	최종 해석결과 및 개선결과
추가	추가		추가
일정계획	업무분장		회의록 작성

4) 평가 결과

가) 학습성과 평가 결과

학습성과 평가 결과는 Table 9와 같으며, 총 6개 팀의 학습성과 평가인 PO1, PO3, PO4, PO5의 평균값은 3.25로 학습성과는 달성하였다. 하지만 2017학년도보다 평균값이 1만큼 낮아졌으며, 전체적으로 2017년 대비 낮은 학습성과를 나타내었다. 이는 PO1에서 프로젝트 주제에 대한 이해부족과 PO4에서의

Table 9 Program outcome evaluation result in 2018

평가도구		보고서	최종발표	최종발표	보고서	보고서
학습성과		PO1	PO3		PO4	PO5
		이해도	설계절차	설계수행	이해도	실무기술
만점(배점)		5점	5점	5점	5점	5점
점수 구간	'상'	4	5	5	5	4
	'하'	3	3	2	2	3
순서	학생성명	-	-	-	-	-
평균		3.5	4	3	3	3

수행 과정이 학부 학생들 수준에서는 지나치게 높은 수준에서 이루어 졌음에 기인한 것으로 판단되었다. 또한 수업반응도조사의 문항 9는 4.20, 문항 12는 4.35로 조사되어 전년과 대비하여 큰 폭으로 하락하였다.

나) 종합 평가 결과

이전 연도의 교과목 운영 결과를 바탕으로 2018학년도에 개선된 수업계획에 따라 교육 내용과 수준을 조정하고 실습 시간을 추가 제공하였음에도 불구하고, 최종발표평가 결과 총 6개의 팀 중 현장에서 발생하는 2가지 문제를 시뮬레이션으로 구현한 팀은 오히려 2팀으로 감소하였고, 공정의 적합성이나 문제해결의 창의성을 구현한 팀은 한 팀도 없었다. 보고서 평가에서 업무분장이나 회의록도 기대효과에 미치지 못하였다. 전년도에 비해 해석상 가장 많이 달라진 점은 전년도에는 주로 2차원 해석 프로그램인 DEFORM-2D 프로그램을 활용하여 해석을 수행한 반면, 2018년도에는 대부분의 학습자들이 3차원 해석 프로그램인 DEFORM-3D를 이용하여 해석하였다는 점이 있었다. 3차원 해석 프로그램인 DEFORM-3D 프로그램은 모델링이 비교적 용이하고 시각적 효과는 좋은 반면, 적절한 해석 결과를 얻기 위한 소요시간이 지나치게 급증하게 되며, 특히 컴퓨터의 성능에 따라 많은 시간적 영향을 받기 때문에 학부 4학년 학생들의 수준에서는 능숙하게 다루기에는 다소 무리라는 결론을 얻게 되었다. 결과보고서 역시 당초 기대에 비하여 저조한 결과를 보였다. 발표 평가 이후 최종 팀별 종합 면담에서 학습자들은 주차별 학습 내용에는 대부분 만족을 하였지만, 산업 현장에서 실제로 사용되는 금형에 대한 이해가 여전히 쉽지 않다는 반응을 보였다. 뿐만 아니라 컴퓨터 시뮬레이션 작업을 본격적으로 수행해야 하는 기간과 동일기간에 다른 교과목들에 대해서도 팀프로젝트 및 시험 등을 준비해야 하는 등의 수강 부담으로 인하여 시간이 부족했다는 의견을 제시하였다.

다. 2019학년도 적용 사례

1) 교수계획의 수정

2018학년도까지는 8주차부터 12주차까지 성형해석 프로그램으로 해석 가능한 다수 과정의 프로그램 교육을 진행하였음에 비해, 2019학년도에는 11주차와 12주차에 IPBL 수행을 위한 단조 해석 프로그램교육을 실시하여 학습자들의 이해를 돕도록 하였다. 아울러 산업체 전문가로 하여금 실제 산업현장에서의 금형 가공 공정에 대한 추가적인 교육내용을 학생들에게 전달할 수 있도록 교과 내용을 추가하여 수정 개편하였으며, 주요 개선 내용은 다음과 같다.

① 산업 현장 실무 문제 정의

- ② 산업체 현장 견학
- ③ 산업체 전문가로부터 금형 해석용 기하학적 데이터 배포
- ④ 1~3 공정까지 성형해석 소프트웨어 기본 교육 실시
- ⑤ 소프트웨어 전문가의 질의/응답 및 조언
- ⑥ 공동 평가

마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션 시에는 성형해석 소프트웨어 전문가와의 질의·응답 및 조언을 통하여 성형해석의 시행착오를 줄이고, 결과의 완성도를 높일 수 있도록 하였다.

Table 10 Syllabus of 『Metal Forming Simulation Practice』 (2019)

주차	이론학습내용	실습학습내용
1	교과목 오리엔테이션	
2	소재변형의 기초이론(1)	봉재 인장시험
3	소재변형의 기초이론(2)	판재 인장시험
4	소재변형의 기초이론(3)	링 테스트(마찰계수)
5	소재변형의 기초이론(4)	드로잉실습
6	성형공정해석 방법(1)	재료물성 이해와 적용(S/W)
7	성형공정해석 방법(2)	기업체견학, IPBL 주제안내
8	중간평가	성형해석프로그램교육(1)
9	성형가공장치	성형해석프로그램교육(2)
10	단조	성형해석프로그램교육(3)
11	압출	단조해석프로그램교육(4)
12	판재성형기초이론(1)	단조해석프로그램교육(5)
13	판재성형기초이론(2)	IPBL 수행(1), 금형의 이해
14	판재의 전단과 굽힘	IPBL 수행(2)
15	판재의 성형	IPBL 수행(3)
16	기말평가(선택적)	발표 및 공동 평가

2) 팀 구성

총 인원 24명이며, 3~4인 1조, 총 7개 조로 구성하였다.

3) 평가 도구

11주차~12주차에 소프트웨어 전문가로부터 금형 도면에 따른 해석용 기하학적 데이터를 받고, 1~3공정에 대한 기본 교육을 이수함에 따라 보다 심도 있는 팀 활동을 통해 현장문제와 동일한 시뮬레이션 결과가 도출되도록 항목 1을 수정하였다.

Table 11 Evaluation Items in 2019

PO1	PO3	PO4	PO5
- 주제의 이해 - 형상정의	- 공정순서 - 해석조건	- 금형 또는 공정 설계	- 최종 해석결과 및 개선결과
-	-	변경	추가
일정계획	업무분장	회의록 작성	학회논문작성

특히 전문성을 높이기 위하여 관련학회 양식에 따른 논문 작성 항목을 추가하였다. 그 외 항목은 2018학년도와 동일하다.

4) 평가 결과

가) 학습성과 평가 결과

학습성과 평가 결과는 Table 12와 같으며, 총 7개 팀의 학습성과 평가인 PO1, PO3, PO4, PO5의 평균값은 4.3으로 학습성과를 우수하게 달성하였으며, 특히 PO4에 대해서도 4.4의 결과를 보였다. 또한 수업반응도조사의 문항 9는 4.42, 문항 12는 4.38로 조사되어 전년과 대비하여 다소 상승하였다.

Table 12 Learning outcome evaluation result in 2019

평가도구	보고서	최종발표	최종발표	보고서	보고서
학습성과	PO1	PO3		PO4	PO5
	이해도	설계절차	설계수행	이해도	실무기술
만점(배점)	5점	5점	5점	5점	5점
점수 구간	'상'	5	5	5	5
	'하'	3	5	5	4
순서	학생성명	-	-	-	-
평균	3.4	5	5	4.4	4.1

나) 종합 평가 결과

7개의 팀 중 6개의 팀이 현장에서 발생한 문제와 동일한 시뮬레이션 결과를 얻었으며, 이 중 1개의 팀은 산업체 전문가 평가에서도 현장 실무적 접근이라고 호평을 받았다. Fig 3과 Fig 4는 IPBL을 수행하면서 실제로 발생하는 결함의 문제점을 확인하기 위하여 학습자들이 수행한 시뮬레이션 결과 중 하나이다. 학습자들은 수업을 통하여 실제 너트 제조 공정에서 발생하였던 결함 문제를 시뮬레이션을 통해 명확히 확인할 수 있었다. 또한 수업반응도조사 및 팀별 최종 면담에서 학습자들은 관련 논문을 찾아보고, 전문가에게 직접 질의하고 응답을 받음으로써 IPBL을 수행하는데 많은 도움이 되었다는 반응을 보였다.

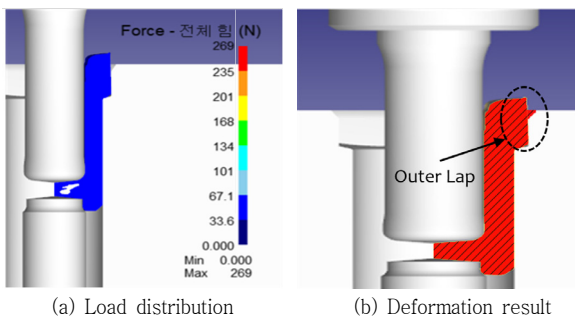


Fig 3. Simulation Result of Outer Lap on Neck

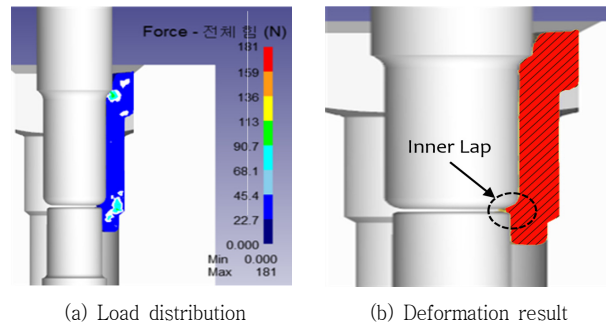


Fig 4. Simulation Result of Inner Lap on Inside Surface

III. 결 론

본 연구에서는 2017학년도부터 2019학년도까지 3년에 걸쳐서 『성형해석및실습』 교과목에 IPBL 수업 방식을 적용하면서 학습자의 현장실무능력을 향상시키는 지속적인 품질개선(Continuous Quality Improvement, CQI) 사례를 제시하였다. 본 과정을 통하여 IPBL 수업 방식이 성공적으로 전공실습 교과목에 적용되기 위해서는 다음과 같은 조건들이 선행되어야 함을 알 수 있었다.

우선 첫째로 산업현장의 실제적인 문제를 학습자에게 제시하고 잘 이해 할 수 있도록 지원하기 위해서는 적극적이고 유기적인 산학연계수업이 가능한 산업체의 발굴이 필수적으로 요구된다.

둘째로 학생들에게 IPBL의 방향과 주제에 대한 안내는 빠를 수록 학생들의 실습 이해도가 우수한 결과를 나타내었다.

셋째로 수업 과정 중에 현장 견학 또는 생산 공정에 대한 현장 전문가의 적절한 질의/응답 과정 등이 포함되었을 경우에 학생들의 문제 이해도가 증가하였다.

넷째로는 학생들의 원활한 실습을 위하여 충분한 성능의 하드웨어 및 소프트웨어의 확보가 선행되어야 한다.

마지막으로 학생들에게 적절한 정도의 자기주도 학습과 팀활동 시간을 고려하여 실습 수업을 진행하여야 한다.

본 연구를 통하여 산업체 전문가와 공동으로 프로젝트 기반 학습을 진행하여 실습 교과목을 산학연계 수업방식으로 운영한 후, 조사된 학습성과(예를 들어 프로그램 학습성과 및 교과목 학습성과 등) 결과를 차년도 교육과정에 반영하는 지속적 품질 개선 활동을 수행함으로써 대학에서의 교육이 현장 실무와 유기적 관계를 유지하면서도 적절하게 운영될 수 있다는 것을 확인할 수 있는 계기가 되었다.

이 논문은 2018년도 한국기술교육대학교 교수연구제 파견연구비 지원에 의하여 연구되었다.

참고문헌

1. Robert T. Howell.(2003). The Importance of the Project Method In Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 40(3).
2. 박경선(2014). 공학교육에서의 팀티칭 기반 융합프로젝트중심 교수학습모형의 개발. *공학교육연구*, 17(2), 11-24.
3. 이소영(2015). 공과대학 프로젝트기반 수업에서 학습성과에 미치는 변인들 간의 구조적 관계 분석. 이화여자대학교 박사학위 논문.
4. 김은경(2013). 창의적 공학설계. 서울:한빛아카데미.
5. 변문경·조문흠(2016). 공대 학생들의 프로젝트 주제 선정을 위한 초기 교수학습 지원 방안 탐구. *공학교육연구*, 19(1), 37-48.
6. Capraro R. M., Capraro M. M. & Morgan J.(2013). *STEM Project-Based Learning : An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics(STEM) Approach*, 29-37. Sense Publishers.
7. 강인에·정준환·정득년(2007). PBL의 실천적 이해. 서울:문음사.
8. 장경원(2009). 공학교육에서의 문제중심학습 실행을 위한 사례연구. *공학교육연구*, 12(2), 96-106.
9. 최정임(2007). 대학수업에서 문제중심학습 적용사례 1: 성찰일기를 통한 효과성 분석을 중심으로. *교육공학연구*, 23(2), 35-61.
10. 윤관식·이병철(2009). 공학설계교육에서 학습과 전이간의 관계성 연구. *공학교육연구*, 12(3), 3-12.
11. 김문수(2015). 공학교육에서 문제 및 프로젝트기반학습의 비교 고찰과 적용 방안. *공학교육연구*, 18(2), 65-76.
12. 김경화(2019). 대학 수업에서의 블랜디드 PBL 수업경험 탐색. *미래교육연구*, 9(3), 27-54.
13. 박기수(2019). IC-PBL과 대학교육 혁신. 제15회 공학설계교육워크숍, 한국공학교육인증원.
14. 한국공학교육인증원(2014). KEC 2015 인증기준.
15. 한국공학교육인증원(2020). KEC 2015 판정가이드.



민동균 (Min, Dong-Kyun)

1984년: 서울대학교 기계설계학과 졸업
 1991년: 동 대학원 기계설계학과 석사, 박사
 1995년~현재: 한국기술교육대학교 교수
 관심분야: NCS, 공학교육인증
 E-mail : dkmin@koreatech.ac.kr



이민호 (Lee, Min-Ho)

1998년: 한국기술교육대학교 생산기계공학과 졸업
 2016년: 동 대학원 메카트로닉스학과 석사
 2001년~현재: 한국기술교육대학교 기술연구원
 관심분야: 공학교육인증, 실험 및 해석 교육
 E-mail : englee@koreatech.ac.kr