

종합설계교육

(capstone design project)의 현황과 방향



송 동 주

영남대학교 기계공학부 교수
djsong@yu.ac.kr

서울대학교 항공공학 학사
Virginia Tech 항공우주공학 석사, 박사

공학교육인증이 공학교육의 중요한 방향을 제시하고 있고 그중에서도 교과영역에서 전공의 강조(60학점 필수 이수)와 그중 18학점 이상을 설계교육에 할당하여야 한다는 인증기준으로 인하여 공학설계교육의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 특히 설계교육에 대한 경험이 부족한 대학에서는 현재 설계교육방향에 대하여 매우 어려워하고 있으며 capstone design project 교육 시행에 대하여 현실적인 어려움을 가지고 있다. 미국공학교육인증원에서는 창의성의 개발, 개방형 문제의 사용, 설계방법론의 개발 및 사용, 설계문제의 기술과 설계사양의 구성, 대체해결안의 고려, 타당성고려, 상세시스템의 설명, 및 현실적 제약조건을 요구하고 있다. 한편 공학교육인증원에서는 설계과목의 요구조건으로 기초설계, 요소설계 및 종합설계과목으로 이어지는 설계교육체계가 확립되어 있어야 하며 18학점 이상의 설계과목의 이수를 요구하며, 창의력을 기르기 위한 기초설계과목과 전공이론지식과 경험을 종합하는 종합설계과목을 포함하여야 한다. 또한 설계과목들은 설계요소(설계목표설정법, 합성, 분석, 제작, 시험 및 평가)와 현실적제약조건(경제, 환경, 사회, 윤리, 미학, 보건 및 안전, 생산성과 내구성, 산업표준 등)을 고려하여야 한다고 규정하고 있다.

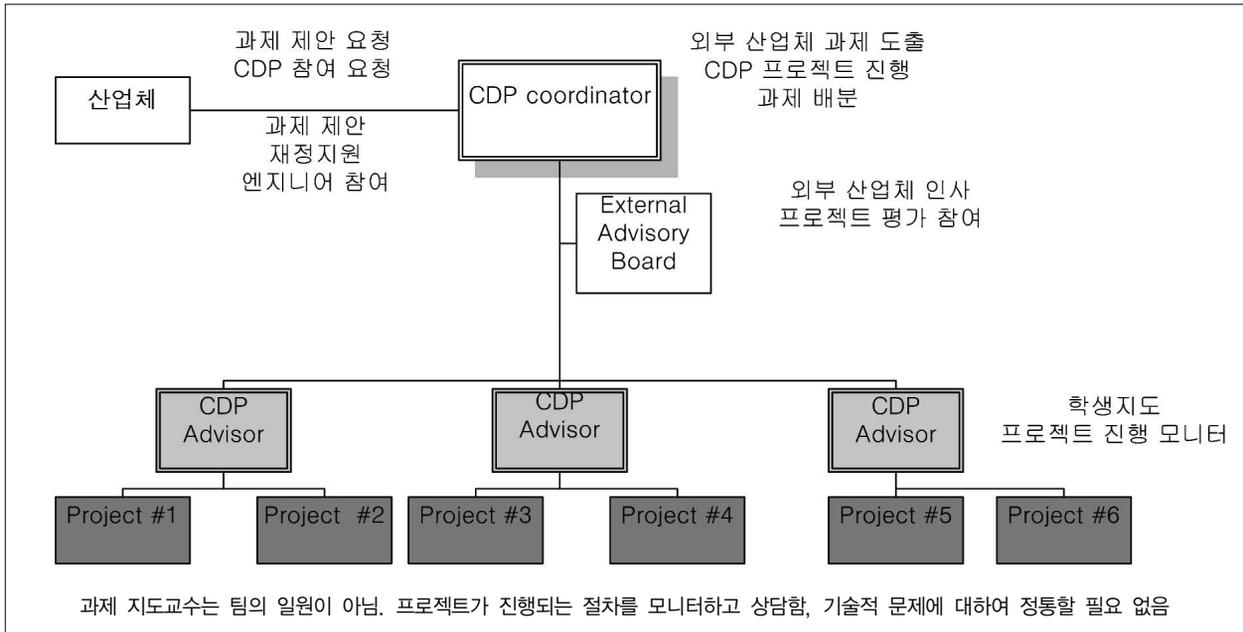
종합설계교육은 미국에서는 오랜 시행경험을 가지고 있으나 국내에서는 도입된지가 1995년경 영남대와 서울산업대가 capstone design course를 도입한 이후 약 15년의 역사를 가지고 있다. 그러나 지속적인 산업기술진흥원의 종합설계 경진대회 개최와 공학교육인증의 도입으로 국내 대학에서도

본격적으로 종합설계교육을 실시하게 된다. 이러한 종합설계교육은 전공이론지식을 바탕으로 다양한 설계의 구성요소와 현실적 제한사항을 포함하여 수행되어야 한다. 따라서 종합설계교육은 종합하는 경험을, 단순한 기술적 경험이 아니라 공학적인 경험을 제공하여야 한다. 가능하면 조기에 이를 인식하고 경험할수 있는 기회를 제공하여야 하며, 지원을 하여야 한다. 이러한 지원은 충분한 재정적지원, 교육환경의 구비, 교과과정 편성, 교육방법의 개발 등을 포함한다.

종합설계 교육은 또한 학습성과달성을 위한 중요한 교육 및 평가도구가 될수 있다. 특히 설계능력, 응용능력, 공학문제해결능력, 팀워크능력, 의사전달능력, 공학도구활용능력 등을 효과적으로 교육하고 프로그램의 학습성과 달성도를 평가할수 있는 직접적인 평가도구가 될수 있다.

종합설계교육을 원활히 수행하기 위하여 많은 대학에서는 담당교수를 지정하고 운영하고 있다. 물론 담당교수는 설계 프로젝트를 도출하고 학생들에게 할당하고 실질적인 운영을 하는 역할을 수행하게 된다. 미국에서 종합설계교육을 잘 운영하는 대학들에서는 CDP coordinator를 두고 전담시키고 있는 것을 알수 있다. 또한 일잔 교수님들은 CDP advisor로서 학생들을 지도하게 된다. CDP를 수행하기 위하여는 학생들을 팀으로 조직하게 된다. 이러한 팀을 지도하는 교수들은 물론 해당하는 프로젝트의 기술적 지도를 포함하여 프로젝트수행을 관리하고 지도하게 된다. 그러나 그 프로젝트가 반드시 지도교수의 전공분야의 프로젝트일 필요는 없다. 지도

종합설계교육(capstone design project)의 현황과 방향



교수는 프로젝트가 원활히 진행될 수 있도록 설계방법론에 따라 안내해 주면 되며 팀의 일원으로서 그 문제를 같이 해결하는 것은 바람직하지 않다. 전공분야가 다른 지도교수도 학생들을 지도할 수 있어야 많은 교수님들이 참여할 수 있으며 다양한 실제문제들을 학생들이 스스로 해결할 수 있게 된다. 다음은 바람직한 종합설계교육 수행조직도를 보여주고 있다.

종합설계과제 도출방법은 국내 대학에서는 교수님들이 자기 전공분야에서 과제를 도출하여 학생들이 선택하는 형식으로 진행되나 미국의 대학들에서는 과제를 산업체로부터 도출하는 경우가 많다. 또한 국제자작자동차, 로봇, ASME 디자인경진대회, 각종 s/w 경진대회 등 국내외의 경연대회 출품과제, 또는 학생들이 제안하는 과제로 구분할 수 있다. 미국공학교육학회 학술대회나 CDP과목학술대회 등으로부터 보면 과제들이 점차 산업체의 실제문제를 해결하는 방향으로 도출되는 경향이 있음을 알 수 있다. 산업체 과제 도출시 coordinator의 역할이 중요하며 이는 교수진과의 상담, 학부생 현장실습업체, 산학협동연구 수행 업체, 혹은 지역내 관심업체, 졸업생을 고용하고자 하는 산업체, 지역사회 단체들로부터 얻을 수 있다. 미국내 많은 대학에서 사용하고 있는 방법은 홍보, on-campus job fair, 기업체방문, 학과뉴스레터, 취업홍보실직원에 의뢰, 산학협동위원회 위원소속회사에 의뢰, 지역사회와 접촉 등 매우 다양하다.

CDP운영 형태를 보면 제공시기는 4학년 1, 2학기, 또는 3학년 2학기, 4학년 1 학기 연속제공 또는 한학기만 제공하는 경우등 다양하게 운영되는 것을 알 수 있다. 연속제공시의 장점은 학기간 방학기간을 포함하여 진행할 수 있으므로 실질적으로 1년이란 기간을 충분히 이용하여 진행할 수 있다. 학점수는 2학점/학기 또는 3학점/학기로 진행되고 있으며 국내에서는 공학교육인증의 영향으로 전공필수 또는 인증필수과목으로 운영되고 있다. 지도교수의 참여는 전체교수 또는 대부분의 학과 교수들이 참여하기도 하고 일부교수가 과목을 진행하는 경우도 있다. 운영경비는 대개 학생 1인당 10만원 내외이나 교과부의 각종 사업을 수행하는 경우에는 팀당 200만원정도가 되기도 한다. 산업체 과제의 경우에는 과제의 형태에 따라 다르나 1000불/과제 혹은 과제의 규모에 따라 다르게 된다. 팀당 인원은 4-6명이 대부분이나 MIT 기계공학과 같은 경우에는 15명/팀인 경우도 있다. Harvey-Mudd 대학, Rowan 대학등은 engineering clinic 형태로 산업체문제를 주로 도출하며 공학계열전체의 공통과목으로 운영된다. 다학제간 설계프로젝트 교육을 수행하기도 하며 Michigan Tech 은 엔터프라이즈형 과제로서 종합설계를 다학년 학생들이 공동으로 회사처럼 운영하기도 한다. Purdue 대학도 이와 유사한 Vertically Integrated Projects를 운영하여 다학년이 역할 분담을 하여 문제를 해결하고 있다.

	Lehigh	Penn State	Rowan	영남대학교 (기계)	서울산업대 (기계자동화)
수강학생수	180	670	240	~280	
참여학부	기계, 재료, 생명, 전기전자, 환경, 마켓팅, 경영정보, 산업디자인	생명, 토목, 건축, 컴퓨터, 전기, ES. 산업, 기계, 핵공학	기계, 전기, 토목, 화공	기계 (등 13개 프로그램)	기계자동화 등
제공학기	2학기연속	1학기 (건축제외)	4학기연속 (3.1-4.2)	2학기연속 (3.2-4.1)	2학기연속 (4.1-4.2)
프로젝트 수	38	134	60	~50	~40
팀당학생수	6	5	4	5	4
지도교수수	16	33	32	36(연구년 교수제외)	14~16 /21
교수담당율	100%	~30%	100%	100%(연구년교수제외)	~75%
외부재정지원	100%	~40%	85%	~5%	~37%
프로젝트당 지원액	\$6000/팀	\$2500/팀 (외부지원)	\$2500/팀	10만원/인 혹 200만원/팀	산업체에 따라 차등지원
제출물	10 주간보고서, 3포스터, 2보고서초안, 최종보고서, 팀바인더, 문서철, 동료평가, 프로토타입, 경비모델, 기술모델	프로포잘, 개념설계검토, 최종설계검토서, 최종보고서, 제작품, 웹페이지	학기중간 설계검토, 최종발표, 작품프로토타입	주간보고서/주간발표 /격주, 중간보고서, 최종보고서, 설계노트, 프로토타입, 경진대회발표 경진대회보드	수행계획서개념 설계심사설계심사 1,2 가공심사 1가공, 조립심사완성도심사 최종결과보고서
강의비율	33% (IPD)	20%	0%	0%	특강 월1회

Rowan대학에서는 3학년 1,2학과 4학년 1,2학기에 engineering clinic 과목이 제공되어 3,4학년과 대학원생까지도 팀에 참여할 수 있도록 운영되고 있다. 가나자와공대의 유메 꼬보 프로젝트는 학점과목은 아니지만 학생들이 동아리와 같은 팀을 결성하여 프로포잘을 제출하여 과외활동으로 학교에서 지원을 받아 solar car 등을 제작하고 있으며 이에 선정된 학생들은 학교내에서 명예롭게 여겨지며 우선적으로 취업하고 있는 것을 알 수 있다. 다음표는 국내외 여러 대학의 CDP 운영현황을 보여주고 있다.

Capstone Design Project는 설계방법론에 따라 진행되는 것이 바람직하며 이는

문제정의(고객의 요구사항을 설계사양으로 변환), 개념설계(창의적인 사고전략의 적용, 기능구조의 정립, 작용원리의 탐색, 작용구조의 생성, 해결안의 절정, 해결안 평가), 제품설계(적절한 부품배치, 재료의 선정, 경제성 고려된 형식설계 등 포함하는 구체화설계와 설계도면의 작성 등의 상세설계)로 이루어진다. 특히 설계노트의 작성은 지적재산권을 만들 때 매우 중요하므로 과제 수행시 반드시 제출하도록 하는 것이 바람직하다. 종합설계과제를 수행할 때에는 아래와 같은 설계프로젝트 수행절차에 따라 수행하되 다음과 같은 사항을 고려하는 것이 바람직하다.

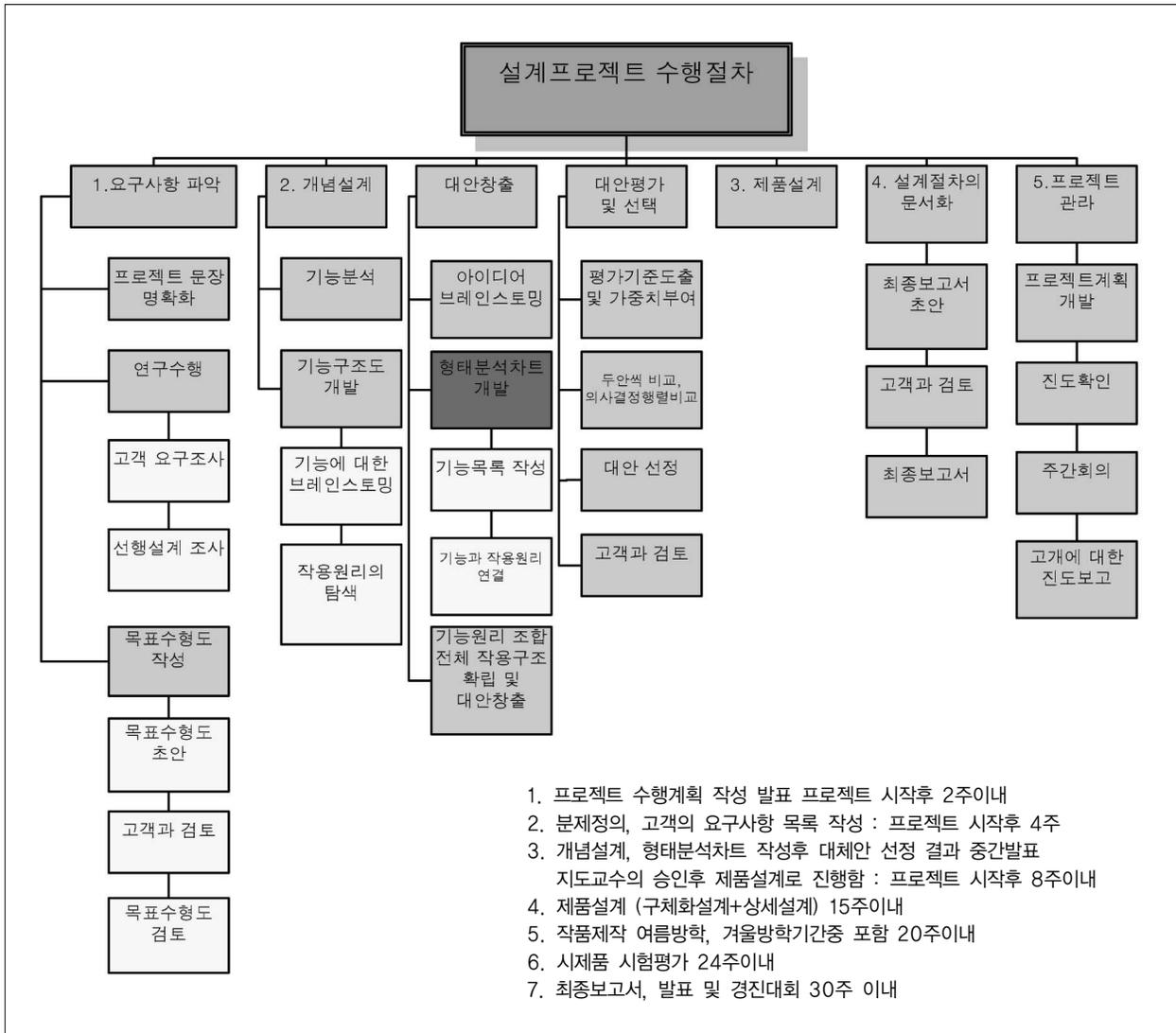
- (1) 수행계획서, 활동보고서, 중간발표, 중간보고서 제출, 발표 및 평가 수행
- (2) 제품설계시 CAD/CAM/CAE 등 활용
- (3) 재료조달, 경비사용 절차 숙지
- (4) 제품제작 과정 심사 평가
- (5) 발표평가, 작품 경진대회 (외부 평가위원 참여)
- (6) 경진대회의 공식적 진행

체계적인 설계프로젝트 수행을 위한 절차는 Harvey Mudd 대학의 Engineering Clinic Work Breakdown Structure, 간트차트, 팀업무책임표를 참조하면 도움을 얻을 수 있다.

맺는말

공학교육인증시 요구하는 공학설계교육강화에 따라 본격적으로 도입되기 시작한 종합설계교육은 학습성과 교육 및 평가에 매우 중요하다. 이러한 종합설계는 창의적이어야 하며 체계적인 설계절차를 따라 수행되어야 한다. 이에 주기적인 활동보고서의 제출, 중간발표, 작품제작, 경진대회, 최종발표대회를 운영하는 것이 중요하다. 종합설계과제를 도출할 시에는 처음에는 교수 제안과제가 가장 쉽고 적합하나

종합설계교육(capstone design project)의 현황과 방향



점차적으로 산업체의 실제 문제를 과제로 도출하는 경향이 늘고 있다. 과제의 운용은 대부분 동일한 학년의 학생들이 참여하고 있으나 점차 1, 2, 3, 4학년 또는 대학원생이 수직으

로 결합된 프로젝트(VIP)와 다양한 다학제간 전공의 학생들이 공동 참여하는 프로젝트 등 수평으로 결합된 프로젝트(HIP)로 수행되는 경향이 늘고 있다.