

재료공학 교육과 설계 교육

글 _ 이경우
서울대학교 재료공학부

1. 공학 교육 인증과 설계 교육

재료과¹⁾에서 공학교육인증을 하고자 할 때 가장 문제가 되는 것은 설계(design) 교육으로 보인다. 과거에 전국의 많은 재료과에서 공학교육인증을 운영하였지만 하나씩 포기하면서 현재 숫자가 많이 줄어 있는 상태이다. 그리고 공학교육인증을 포기하는 이유를 조사해보면 설계 교육 조건을 맞추기 어렵다는 것이 중요한 사유의 하나였다. 실질적으로 공학교육인증을 도입하기 전까지는 ‘설계’ 교육 자체가 재료과에서는 거의 진행되지 않았으며, 공학교육인증 평가를 위해서 도입한 곳이 대부분이기도 했다.

사실 설계 교육은 모든 전공에서 어려움이었다. 더구나 몇 년 전까지도 전체 교과과정의 1/3에 해당하는 17~8학점의 설계 과목을 학생들이 이수²⁾해야 했기 때문에 교과과정 편성에 많은 어려움이 있었으며, 대부분의 공과대학에서 개선을 요구하였다. 결국 공학교육인증원은 설계 학점을 전공별로 차등을 둘 수 있도록 했다. 이 과정에서 재료공학 분야 인증 기준위원회 위원들은 학생들의 이수 의무 학점을 없애고자 했으나, 아직 설계 교육의 확산 정도가 충분하지 않다는 현실을 반영하여, 재료공학 분야는 12학점 이상의 설계 교과목을 개설하되, 학생들은 최소 9학점의 설계 교과목을 이수하는 것으로 의견을 수렴하였

¹⁾ 재료공학을 교육하는 교육 단위의 명칭이 매우 다양하지만 여기서는 ‘재료과’라는 단순한 이름으로 명시하고자 한다.

²⁾ 학생들이 이수해야 하는 학점이 이 정도이기 때문에 대학에서는 학생들의 선택권을 보장하기 위해서 이보다 많은 학점을 개설해야만 했다.

Table 1. 설계 교육 내용 설명 (KEC2015 판정가이드, 공학교육인증원)

(설명2) 설계 결과물에서의 설계 교육 내용

- 1) 설계 교과목의 적절성을 방문 전에는 강의계획서 (설계교육 계획 포함), 방문 시에는 수강생들의 설계과제 수행 결과물(예: 보고서, 발표자료, 작품, 설계발표회 동영상 등)의 내용과 수준을 근거로 판정하도록 함.
- 2) 수강생들의 설계의 결과물에서 설계교육 내용 즉 설계 절차(구성요소)에 따라 현실적 제한조건을 반영하여 개방형 설계 문제(open-ended design problem)를 해결한 내용을 확인할 수 있어야 함.
- 3) 설계결과물 샘플 모두에서 설계교육 내용을 확인할 수 없는 교과목은 설계 교과목에서 제외함.
- 4) 설계교육 내용을 확인할 수 없는 교과목을 제외하면 전공분야별 설계학점 요구기준을 충족할 수 없는 경우 기준 8.3을 결함으로 지적함.

다. 이 숫자는 많은 전공에서 12학점 이상을 이수하도록 되어 있는 것에 비해서 적은 학점수이긴 하지만 아직도 대부분의 재료과에서 설계 교육에 대한 어려움을 느끼고 있는 것 같다.

필자는 이러한 어려움이 ‘설계’에 대한 오해에서 비롯되었다고 생각한다. 10여년전에 인증 평가를 다녀보면 공학교육인증을 운영하는 대학이나 평가를 하는 평가자들 사이에 ‘설계’교과목은 유형(有形)의 ‘설계도’를 만들고 이를 바탕으로 실물을 만드는 과목이어야 한다는 생각이 매우 강했다. 이러한 생각은 ‘제품’이 아닌 ‘재료’를 다루는 재료과의 특성과 잘 일치되지 않기 때문에 평가 과정에서 많은 논란이 있었고, 각 대학에서는 설계 교과목을 위해서는 기존 교과과정과 잘 일치되지 않는 내용을 별도로 꾸며야 하는 어려움이 있었다. 이러한 방식으로 18학점이 넘는 많은 교과목을 운영하는 것은 기존 교육 과정을 영

Table 2. 설계 교과목 기준 예시

B 학과 설계 교과목 기준
<p>재료공학 분야는 설계의 개념이 건축이나 기계 분야와는 다릅니다. A 대학교 B 학과에서 설계 교과목은 설계의 비중에 따라 단위 0.5, 단위 1, 단위 2 그리고 단위 3으로 구분하고 각 단위의 설계 교과목은 아래 기준을 충족시키는 것을 기준으로 운영합니다.</p> <p>단위 0.5 설계 교과목: open project 제시 프로젝트가 2주 이상의 강의 내용과 연관 1개 이상의 팀 과제 포함 프로젝트 보고서 제출 및 발표 성적 처리에서 project의 비중이 15% 이상</p> <p>단위 1 설계 교과목: open project 제시 프로젝트가 4주 이상의 강의 내용과 연관 2개 이상의 팀 과제(연속되는 과제 가능) 포함 프로젝트 보고서 제출 및 발표 성적 처리에서 project의 비중이 30% 이상</p> <p>단위 2 설계 교과목: open project 3개 이상 제시 프로젝트가 8주 이상의 강의 내용과 연관 3개 이상의 팀 과제(연속되는 과제 가능) 포함 프로젝트 보고서 제출, 결과물 제출 및 발표 성적 처리에서 project의 비중이 60% 이상</p> <p>단위 3 설계 교과목: 전문 설계 교과목만 해당: 설계 교과목에 배당된 학습 성과를 성취할 수 있어야 함 설계 문제 해결 과정에 대한 설명 및 실습 포함 팀 프로젝트 다양한 보고서, 결과물 및 발표, 평가 등 여러 수단을 사용해서 평가</p> <p>* open project 제출자가 정답을 가지지 않는 과제. 학생들이 스스로 문제를 정의하고 해결 방안을 세워서 결과를 얻는 방법으로 진행. 결과물은 다양할 수 있음.(물건, 프로그램, 아이디어, 개념도, 보고서 ...)</p> <p>* 팀 과제 3인 이상이 한 조가 되어서 문제를 해결하는 과제. 팀원들 사이의 적절한 업무 분담이 필요한 수준이어야 하며, 보고서에 업무 분담이 나타나야 함.</p> <p>*연속되는 과제 하나의 큰 과제를 단계별로 나누어서 과제로 주는 것. 예를 들어 하나의 큰 문제를 단계별로 나누어서 문제 정의 과정, 개념 설계 과정, 실험 과정 등으로 단계적인 과제를 부과하는 것을 의미한다. 이러한 과제가 부과되었을 때에는 단계별 해결 방안에 대한 평가가 포함되어야 한다.</p> <p>* 공학 인증에서 요구되는 설계 요소 공학설계요소(목표와 기준 설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가)를 고루 교육시켜야 한다. 특히, 저학년에서 창의력을 기르기 위한 창의설계 과목과, 졸업직전 학년에서는 프로그램에서 습득하게 되는 주요설계경험을 총합하는 종합설계(Capstone design)과정을 개설하여야 한다.</p> <p>* 설계 교과목의 제요소 공학설계는 시스템이나 부품을 고안하거나 필요한 요구사항을 충족시키도록 고안하는 전과정을 말한다. 다시 말하면, 이 과정은 기초과학, 수학, 그리고 공학을 이용하여 자원을 소기의 목적에 최적으로 활용될 수 있게 하는 (주로 반복적인) 의사 결정 과정이다. 설계과정에 있어서 기초적인 요인들 중에는 목적과 기준의 설정, 종합, 분석, 설계, 시험, 그리고 결과 도출 등이 포함된다. 교과과정 중 공학설계 요소는 학생의 창의력 함양, 개방적 사고를 통한 문제 해결, 현대적인 설계이론과 방법의 개발, 설계 문제의 수식화, 설계서의 작성 방법, 다양한 방식의 문제해결 고찰, 가능성의 고찰, 생산과정, 협동적 공학설계, 상세 시스템 명세 등을 포함하여야 한다. 또한 여러 현실적인 제약 조건 즉, 경제 요건, 안전성, 실행 가능성, 외관성, 윤리성, 사회적 영향 등에 대한 요소를 아울러 포함하여야 한다.</p>

클어트리게 되었고, 결과적으로는 인증을 포기하는 대학이 늘어나게 된 것으로 생각된다. 설계 학점수가 대폭 줄어든 현재에도 설계과목운영에 이러한 어려움을 느끼는 대학이 여전히 많은 것 같다.

앞에서 설계에 대한 오해라고 표현했는데 그 것은 공학 인증에서 추구하는 설계 교육은 과목에서 '설계에 대한 교육'이 이루어지고, 학생들이 이러한 교육 내용을 바탕으로 '주어진 제한 조건'을 고려하면서 '설계 절차'에 따라 '열린' 문제의 해를 찾아가는 과정이지 결코 어떠한 '실물'의 제품을 계획해서 제작하는 것을 의미하는 것이 아니기 때문이다.

인증 판정 가이드에서 설계 교육에 대한 설명(Table 1)을 보면 설계 과목의 수행 결과물을 다양하게 나열하고 있으며 (이 모든 것으로 제시하라는 것이 아님), 학생들의 수행 결과물이 개방형 설계 문제의 대한 해를 설계 절차와 현실적인 제한 조건에 따라 풀어 나갔음을 보여주어야 한다는 것이다. 따라서 주어진 과정을 따라가면서 정해진 유형의 결과물을 만드는 내용으로 운영되는 과목이라면 실물의 결과물이 있더라도 설계 교과목이 안 되는 것이며, 보고서만 제출하는 과목이라고 하더라도 위의 과정들이 들어가 있다면 설계 교과목이 되는 것이다.

2. 각 대학의 특성에 맞는 설계 교육

각 대학마다 학생들의 희망, 교수들의 전공, 대학의 지향기 다르기 때문에 각 대학의 교과과정은 각각의 특성이 반영되어 있다. 따라서 설계 교육도 대학마다 다를 것이다. 대학이 이러한 다양성 속에서 독자성을 찾고자 한다면, 각 대학은 자신의 상황에 맞는 교과과정과 설계 교육을 진행하여야 한다. 자신의 상황에 맞는 설계 교육을 운영하고자 한다면 각 학과의 상황에 맞는 설계 교육 기준을 만들어서 운영하는 것이 한 방법이다.

예를 들어서 2000년대 중반부터 현재까지 공학교육 인증을 운영하고 있는 A 대학의 B 학과에서는 공학교육 인증을

³⁾ 열린 문제란 open-ended problem 에 대한 하나의 해석으로 해답이 복수로 주어질 수 있는 또는 해답이 없는 문제를 의미한다. 따라서 학생들은 문제 정의부터 해결 방법까지 스스로 찾아나가는 문제가 되며, 교수는 해답의 적합성과 함께 답을 찾아가는 과정의 적절성까지 포함해서 평가할 수 있다.

증을 시작할 때 설계 교과목 기준(Table 2)⁴⁾을 작성하고, 이 기준을 가지고 인증을 운영하고 있다.

이 학과의 설계 기준을 보면 모든 설계 교과목은 open project, 팀 과제, 보고서 작성 및 발표를 포함해야 하며, 이러한 내용을 성적 평가에 반영하여야 한다. 그리고 구체적인 성과물은 과목의 특성에 따라서 달라질 수 있다.

공학교육인증 평가에서 설계 교과목 여부를 판단하는 가장 중요한 기준은 해당 교과목의 운영이 설계 원칙을 준수 하는가 그리고 같은 분야 평가자가 해당 교과목이 설계 교과목인 것에 동의하는 가의 여부이다. 다시 말하면 재료 공학 분야에서 설계 교과목에 대한 컨센서스가 만들어진다면 각 학과들이 독자적인 설계 기준을 만들고, 이를 활용해서 자신이 원하는 재료공학 교육에 적합한 설계 교육을 진행하면서 공학교육인증을 운영할 수 있을 것이다.

3. 재료공학 교육과 설계 교육

마지막으로 재료공학 교육 과정에 설계 과정의 필요성에 대해서 생각해보자. 공학교육인증을 운영할 것인지는 각 학과의 상황에 따라서 정해질 문제이다. 설계 교육은 공학교육인증을 운영한다면 반드시 진행되어야 하지만 인증을 운영하지 않으면 이 역시 선택의 문제이다. 공학 교육인증 운영을 중단한 대학을 보면 설계 과목이 완전히 없어진 대학은 많지 않지만 설계 과목이 축소되는 경향이 보이고 있는 곳은 적지 않다. 아마 이러한 대학들은 그동안의 설계 과목이 기존 교과과정과 잘 일치되지 않았고 공학교육인증을 위해서 억지로 운영되었기 때문일 것이다. 하지만 만일 설계 교과목에 대한 설정이 위에서 보여준 바와 같이 유연하게 정의된다면 설계 교과목 운영을 회피할 대학은 많지 않을 것으로 생각된다.

미국에서도 공학에서 '설계' 교육이 시작된 시간⁵⁾이 길

⁴⁾ 제시된 설계 교과목 기준은 2004년에 작성된 것이며, 현재도 큰 틀에서 변화가 없이 운영하고 있다.

⁵⁾ 구 소련이 붕괴되면서 국방 예산의 삭감으로 공대 졸업생들이 산업체로의 진로가 늘어나던 1990년대 중반에 산업체로부터 공대 졸업생들의 문제 해결 능력 향상에 대한 요구가 강력하게 제기되었고, 대학들은 이러한 요구에 대응하기 위해서 '설계교육의 강화를 시작하였다. 그리고 미국 공학교육인증원은 2000년부터 이러한 요구가 반영된 인증 기준인 EC2000을 적용하고 있다.

지는 않지만 현재의 추세는 '설계' 교육에 대한 강조가 계속 증가하고 있는 추세이다. 그 이유는 공대 졸업생들이 공학문제를 해결할 수 있는 능력, 협업능력, 의사소통 능력 등을 강화시킬 수 있는 가장 좋은 수단이 설계 교육이기 때문이다. 물론 미국의 대학도 전공 분야에 따라서 '설계' 교과목의 내용은 다르다. 재료공학을 전공하는 학생들이 기계공학을 전공하는 학생들과 같은 내용의 설계 교육을 받을 이유는 없다. 그렇지만 재료공학에 적합한 설계 교육은 필요하다.

앞에서 제시된 예에서 보여주는 것처럼 설계 교육이 공학적인 접근 방법을 통해서 열린 문제를 해결하는 과정이고 그 과정에서 협업하는 능력과 의사소통 능력을 향상시키는 것이라고 한다면 모든 교과목에서 설계 교육을 진행하지 않을 이유가 없을 것이다. 필자는 현재 설계 과목이 아닌 것으로 운영되고 있는 많은 교과목들이 실제로는 설계의 개념을 포함한 내용으로 운영되고 있다고 확신하고 있으며, 만일 현재 진행하는 교과목에서 '설계' 개념이 적용되지 않고 있다면 이를 포함시킬 수 있도록 강의를 개

선할 것을 제안한다.

학생들의 문제 해결 능력을 배양시킬 수 있고, 그 과정에서 창의적 사고를 향상시켜 줄 수 있는 설계 교육은 공학 인증과 관계없이 더 확산되어야 하며, 궁극적으로는 재료과에서도 충분한 설계 교육이 진행되어서 재료공학 분야 인증을 위한 설계 학점 결정 시 위원들이 희망했던 대로 우리나라 공학교육인증 기준에서도 설계 교과목의 학점 기준이 사라질 수 있기를 기대한다.

●● 이경우



- 1992~1995 NEC 기초연구소 연구원
- 1995~1996 KIST 금속 연구부 연구원
- 1996~현재 서울대학교 재료공학부 교수
- 2007~현재 포스코 철강 전문 교수
- 2009~2011 서울대학교 자유전공학부 부학부장
- 2009~2013 서울대학교 신소재공동연구소 철강연구센터장
- 2013~2015 서울대학교 공과대학 교무부학장