Π (파이)형 교육체계[1)]

이병기[1], 김도연[2], 김태유[3], 이장무[4], 유영제[5], 김유신[6]

서울대학교 공과대학 전기공학부[1], 재료공학부[2], 기술정책과정[3], 기계항공공학부[4], 응용화학부[5], 부산대학교 공과대학 전자공학과[6]

(1998. 3. 20 접수)

Π Structured Education System

Byeong Gi Lee[1], Doh-Yeon Kim[2], Tai-Yoo Kim[3], Jang Moo Lee[4], Young Je Yoo[5], Yoo Shin Kim[6]

School of Electrical Engineering[1], School of Material Engineering[2], Technology-Economics and Policy Planning Program[3], School of Mechanical and Aerospace Engineering[4], School of Chemical Engineering[5], Seoul National University; Department of Electronics Engineering, Pusan National University[6]

(received March. 20. 1998)

국문 요약

현행 우리 나라 공과대학의 교육체계는 1학년 교양교과목 이수와 2-4학년 전공교과목 이수로 분리된 단순계층형 교육체계인데, 이러한 이분법적 체계는 교양교육과 전공교육의 양극으로 치우치게 하기 때문에 그 사이에 광범하게 펼쳐진 스펙트럼상의 다양한 교육내용들을 수용하지 못하며, 따라서 장래에 요구되는 종합적 능력을 가진 공학도를 양성하는 데에는 부적합하다. 본 논문은 이러한 문제점을 극복하고 미래에 요구되는 창의적이고 상상력이 풍부한 엔지니어들을 배출할 수 있도록 뒷받침 해 줄 새로운 교육체계로서 Π형 교육체계를 제시한다. Π형 교육체계는 기존의 인문·사회교양교육과 엔지니어 소양 교육을 결합한 기본소양과정과, 기존의 기초과학과 전공기초교육에 공학일반교육을 결합한 전공기반과정, 그리고 전공심화과정 등 3개 교육과정으로 구성되고, 이들 중 기본소양과정과 전공기반과정을 1-3학년에 걸쳐 병행해 제공하고 그 기반 위에 전공심화과정을 4학년 과정으로 제공하는 Π字형 구조를 갖는다. 본 논문에서는 이와 같은 Π형 교육체계의 타당성과 장점을 여러 가지 관점에서 논의한다.

1) 본 논문은 "서울대학교 공과대학의 교육혁신"[4]에 포함된 내용 중 Π형 교육체계에 관련된 부분을 취해서 1997년 11월 공학교육 학술대회에서 발표한 후[5], 이를 다시 수정 보완한 것이다.

Abstract

In this paper, the traditional curriculum model for engineering education, called simple hierarchical model, is critically reviewed and the problems of this curriculum model are discussed. Then a new curriculum model for engineering education is proposed to overcome the problems of simple hierarchical model and to provide an innovative education for engineering students. This new curriculum model for engineering education, called Π-structure, consists of the General Attainments Program, the Fundamental Major Program, and the Advanced Major Program, with the three components stacked in Π shape where the first two programs are put in parallel and the third program are put on their top. The necessity, feasibility and various benefits of the Π-structured education system are widely discussed in the paper.

1. 서론

우리 나라 공과대학의 현행 교육체계는 대부분 교양교과목 이수와 전공교과목 이수가 학년별로 계층화된 구조를 갖고 있다. 1학년 교양 교과목 이수와 2-4학년 전공 교과목 이수로 분리되어 있는 것이다. 이와 같이 구성한 배경에는 첫째, 교양 교과목이 전공과목 학습을 위한 직접적인 기초가 된다는 관점과 둘째, 교양교육이 학문을 위한 일반적인 기반과 사회생활을 위한 기본적인 소양을 길러준다는 관점이 있는 것 같다. 또 상이한 고등학교 기반을 가진 신입생들에게 균질화된 공통기반을 닦아준다고 본 점도 있는 것 같다. 그런데 대학은 어디까지나 전공과 직접적으로 연관된 학문을 가르치는 것이 중요하므로 교양교육은 가급적 1학년에서 끝내고 2학년부터는 주로 전공 교과목을 학습하도록 구성했던 것이다. 이러한 방식의 교육체계를 단순 계층형 교육체계라고 부를 수 있다.

현행 교육 체계에서 교양 교과목은 인문, 사회, 예술분야 교양 교과목과 전공 교과목 이수를 밑받침 할 기초과학 교양 교과목들로 구성된다. 서울대학교 공과대학의 예를 들면, 총 이수학점 130학점(종전, 140학점) 중 교양 교과목 이수학점은 36학점(종전, 42학점)이고, 전공 교과목 이수학점은 전공필수 27학점(종전, 27학점), 전공선택 51학점(종전, 63학점)이다. 교양 교과목 36학점은 인문, 사회, 예술, 교양 14학점과 기초과학교양 22학점으로 구성된다.

단순형 교육체계에서는 교양과목 이수를 1학년 과정에서 대부분 완료하고, 2-4학년 과정에서는 학과별로 구분된 세부·고급 전공 교과목들을 학습한다. 전공 교과목과 교양 교과목의 단층적인 구분으로 인해 전공교과 내용에서는 일반 상식이 배제되고, 대부분의 경우 전문적인 이론 중심의 공학학문성이 강조되며, 종합적이면서 공학의 일반 상식을 요구하는 실천 중심의 공학기술성은 취약한 형편이다. 전기, 기계, 화학, 토목 등 세부 전공분야에 대한 고도의 이론 교육이 그 주종을 이루며, 실험, 설계, 현장실습 등 실천적 기술측면은 경시되고 있다.

한편, 공학은 그 학문적 성격상 전공과 교양이란 이분법으로는 다 포괄하기 힘든 내용을 담고 있다. 전공인 것 같으면서도 교양과정의 성격을 지닌다던가 교양과목 같은데 전공의 성격을 지니는 분야들도 있는 것이다. 이들은 교양과 전공을

2) 예를 들면, 미국 스탠포드대학의 경우, "Aesthetic of Machinery", "Ambidextrous Thinking", "Industry, Technology and Culture", 등과 같은 교과목들이 제공되고 있다[14].

양극으로 하여 그 내용을 부분적으로 포함하는 과목들로 넓은 스펙트럼을 형성하고 있다.[2] 이 스펙트럼 속에 위치하는 과목들을 고르게 교육받지 못한 채 세부전공 분야에 대한 고도 지식만 가지고는 현실적인 적용 능력을 갖추지 못하게 된다. 그러므로 단순형 교육체계로서는 창의적 종합적인 능력을 가진 공학도를 양성하는 데에는 문제가 있게 된다. 이를 극복하기 위해 우리는 단순형 교육체계를 대체할 새로운 교육체계를 필요로 한다. 더욱이, 미래의 새로운 시대 환경은 보다 창의적이고 상상력이 풍부하고 응용력 있는 인재를 필요로 하고 있기 때문에, 새로운 교육체계를 확립하는 것이 우리에게는 시급한 문제로 대두된다.

이 논문에서는 현행의 단순형 교육체계가 올바른 공학교육을 위해서는 한계가 있는 부적절한 것임을 밝히고, 이를 극복할 수 있는 대안으로 새로운 교육체계를 제시하려 한다. 제시하고자 하는 교육체계는 교양교육 · 전공교육이란 두 개의 과정과 그 사이에 중간과정을 삽입하는 식의 단순보완형 교육체계가 아니라, 이와는 전연 다르게 기본소양교육과 전공기반교육을 병행해서 제공하고 그 토대 위에 전공심화교육을 제공하는 새로운 구조의 교육체계이다. 이것은 기본소양교육과 전공기반교육이 1-3학년동안 병행해서 제공되고 전공심화교육이 4학년에서 제공되어 외형상 Π字 모양의 구조를 가지므로, 우리는 이를 Π(파이)형 교육체계라고 명명한다.

이 논문은 서론을 포함하여 6개 절로 구성된다. 2절에서는 먼저 단순형 교육체계와 현대의 공학교육을 살펴보면서 단순 계층형 공학교육의 문제점을 비판한다. 먼저 공학의 학문적 특성을 과학과 기술과 비교하여 논의하고 현대사회가 요구하는 복합적 능력의 공학도를 단순계층형 공학교육으로는 배출하기 어렵다는 점을 보인다. 3절에서는 제안 Π형 교육체계의 구조와 그 교육내용을 제시하고, 그 특징적인 내용은 4절과 5절에 펼쳐서 자세하게 설명한다. 특히, 4절에서는 기본소양과정에 관해서, 그리고 5절에서는 전공기반과정에 관해서 집중적으로 검토한다. 마지막으로 제 6절에서 결론을 맺는다.

2. 공학개념과 단순계층형 교육체계

공학의 내용은 과학이나 기술의 내용과는 다르고, 공학활동이란 과학과 기술활동과는 많은 것을 공유하고 있으면서도 근본적으로 다른 활동이다. 그러나 많은 사람들은 공학의 이러한 성격을 잘못 파악하고 있다. 단순계층형 교육체계도 이러한 공학에 대한 잘못된 이해와 궤를 같이하는 교육 모델이다. 이 절에서는 공학개념에 대해 간단히 논술하고 단순형 교육체계가 이러한 올바른 공학개념과 잘 어울리지 않기 때문에 공학교육으로서 적절한 모형이 되지 못하고 있음을 논변하고자 한다.

1) 공학의 개념

빈센티가 주장했듯이, "과학자들과 대비하여, 공학자들에게는 지식이 목적 그 자체는 아니고, 또는 그들이 하고 있는 전문적인 일의 중심적 목적도 아니다."[3] 물론 엔지니어들은 때때로 인조물을 직접 생산해내지 않는 지식을 추구하는 경우도 많이 있으나, 그 궁극적인 목표는 인조물을 생산하는 것과 이어진다. 이와 같은 인조물을 생산하기 위하여 공학은 과학에서 산출되는 기초적이고 근본적인 지식보다는 실제적이고 도구적인 지식을 산출해서 사용한다. 그러므로 공학은 여러 가지 중요한 부분에서 기초과학과는 다르다.

이와 같은 도구적이고 실제적인 지식은 어디서 오는가라는 질문을 할 수 있다. 많은 사람들은 이것이 과학에서 온다고 생각한다. 왜냐하면 과거의 기술은 암묵적이고 장인적이며, 과학이 갖는 수학적, 연역적, 귀납적, 조직적인 특징에 비하면 초라하기 짝이 없는 지식을 갖고 있었다. 그러나 현대의 공학은 아주 발달된 지식을 갖고 있고 그 결과 비행기, 통신수단, 컴퓨터 등 고도로 발달된 인조물을 생산할 수 있다. 현대 과학의 발달과 더불어 이러한 발달된 인조물이 나올 수 있었던 것을 고려하여 사람들은 공학적 지식이 과학에서 왔다고 단순하게 생각한다. 따라서 공학은 과학적 지식의 응용이라는 응용과학으로서의 공학 개념이

3) Vincenti, 1990, 6. 참고문헌 [15]

자리잡게 된 것이다.

이러한 "응용과학으로서의 기술" 모델은 오랫동안 기술사학계와 과학자 및 과학 정책 입안자들에게 자리잡고 있었다. 그러나 최근 20여년 동안 레이튼, 클라인 등을 비롯한 여러 학자들에 의해 잘못된 것으로 많은 비판을 받고 있다. 공학은 과학적 지식을 단순히 응용하는 응용과학이 아니다. 기술은 독자적인 지식 영역이고, 공학은 과학과 기술의 상호 작용에 의해 풍부해지고, 과학과 기술을 서로 연결시키며, 과학적 지식을 받아들이고 변형시켜, 과학과는 다른 자신의 고유의 영역을 갖고 있다.[4] 공학은 과학이 자연을 이해하기 위해 추구하는 기초적 존재론(fundamental ontology)은 추구하지 않고, 형이상학적인 근거보다는 실제적인 근거에 기초해서 때때로 근사적이고 도구적인 존재론(instrumental ontology)에 만족한다.

공학은 여러 가지 방법으로 그 자신의 존재론을 만들어 내고 있고, 이를 위해 과학적 지식을 도입할 수도 있다. 그러나 인조물을 생산하기 위해, 공학자는 과학적 지식을 그대로 사용하기보다는 이를 변형하고 근사화시켜서 사용한다. 그렇다고 해서 공학이 인조물에 필요한 지식을 얻기 위해 단지 과학을 근사화 시켜서 사용하는 것만은 아니며, 공학은 그 자체가 독자적인 이론적 틀을 지니고 있다. 이를테면, 통신 이론이나 회로 이론, 큐잉(Queueing) 이론 등이 여기에 해당된다. 이 통신 이론은 물리학이나 화학과 같은 의미에서는 결코 과학이 아닐 뿐 아니라, 이들의 근사화도 아니다. 통신에서 사용되는 전자파 이론들은 물리학자들에 의해 연구 발전된다. 그러나 전자파 이론이 아무리 발전해도 이 통신 이론이 나오지 않는다. 통신 이론은 정보에 대한 해석과 불확실성에 대한 측정 개념을 가지고 정보가 정의되고 정보 개념을 중심으로 새로운 이론 공간을 형성한 결과로서 나온 것이다. 샤논(C. Schanon)의 채널정보 전달능력 한계의 정리는 이 새로운 이론의 기초가 되었고, 이 기초 위에서 새로운 정리와 개념의 발견으로 통신 이론이란 독자적 이론 영역이 형성된 것이다. 샤논의 정리에는 통신 시스템의 구현에 대한 이야기는 하나도 없다. 즉, 이것은 인조물을 만드는 지식이 아닌 것이다. 통신 이론이 갖고 있는 여러 가지 정리나 이론, 구조, 기법 등은 과학의 근사화와는 관계없는 자신의 이론 영역에 관한 것이다.

예를 들면, 공학의 과학에 대한 관계는 경제학의 심리학 및 물리학에 대한 관계와 같다. 상품에 대한 수요, 물건의 생산, 공급과 소비 등은 경제학에서 다루는 대상이다. 이들은 심리적이며 물리적인 현상임에는 분명하다. 그러나 수요, 공급, 시장, 가격 등의 개념으로 독자적인 이론 영역을 갖춘 경제학이 있기 때문에 경제 현상을 잘 설명할 수 있다. 경제 현상이 심리적이고 물리적인 현상으로 구성되지만, 경제학은 그 대상을 다른 것으로 파악한다. 다시 말하면, 물리학 및 심리학의 존재론이 아닌 경제학 자신의 존재론을 갖고 대상을 형성하고 이론의 틀을 구성한다. 심리학이나 물리학이 아무리 발달해도, 경제학이 나오지 않고, 경제 현상을 설명하지 못한다. 경제 현상을 심리학이나 물리학으로 환원할 수 없을 뿐 아니라, 설사 환원을 한다고 하더라도 그것은 의미가 없고 또한 설명력을 잃어버린다.

공학지식체계의 실례로 앞서 언급한 통신이론의 경우도 마찬가지다. 통신 이론은 전자파 이론과 고체 물리 이론에 의해 환원되지 않는 독자 영역을 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 공학을 과학의 근사화로만 보아왔던 것은 다음과 같은 이데올로기(ideology) 때문인 것으로 간주된다. "공학은 자연의 한계 내에서 이루어진다. 그런데 과학은 자연을 탐구한다. 따라서 공학은 과학의 한계일 수 밖에 없다. 과학은 하나 밖에 없다. 따라서 공학은 과학일 수 없다. 공학이 이론적 가치를 가지려면 과학의 응용이어야 하고, 또 과학의 한계 내에 있기 때문에, 공학은 과학의 근사화에 불과하다." 이처럼 "응용과학으로서의 기술" 모델은 검증되지 않은 이데올로기로서, 아주 큰 영향력을 행사해 왔다. 여기에는 환원주의라는 옳지 않은

4) 응용과학으로서의 기술 또는 공학 개념의 비판은 참고문헌 [2]에서 자세하게 논의 하였다.

철학도 한 몫을 거들었다.[5]

공학은 과학이 추구하는 기초 존재론이 아닌 고유의 존재론으로서 자신의 이론적 공간을 갖고 있는 것이다. 역사적으로, 화학공학은 화학에서 나온 것이 아니고, 컴퓨터는 물리학에서 나온 것이 아니다. 공학은 과학적 지식과 기술적 지식의 여러 성분을 이용하고 변형하여 자신의 독자적 지식영역을 갖고 있으며, 그러한 지식의 내용과 특성은 공학자 공동체에 의해 형성된다. 공학자 공동체에 의해 형성된 공학적 지식의 핵심은 설계에 있다. 로저(G.F.C. Roger)는 공학적 지식을 "공학은 어떤 의도된 목적을 만족시키기 위해서 우리 주위에 있는 물리적 세계를 변형시키는 어떤 인조물의 설계와 그 구성을 조직하는 실천적 활동을 지칭한다."고 정의한다.[6] 빈센티는 이 정의에 운용(operation)이라는 하나의 요소를 더 부가한다. 물론 이러한 간단한 정의가 공학의 성격을 다 포괄하는 것이 아니나, 공학적 지식의 본질적인 특성을 보여준다. 레이튼은 설계를 공학의 중심적인 목표로서 간주하며, "공학학문(engineering sciences)이 기초과학과 구별시되는 특징 중의 하나는 인간이 만든 부품 또는 시스템의 설계에 기여한다는 그 "목적"이다. 공학학문은 설계 과정을 통해서 목표를 형성하는 도구이다"라고 말한다.[7]

설계의 대상이 주어지면 설계 과정을 뒷받침하는 것은 공학의 이론적인 부분과 기술적인 부분이다. 이론적인 부분을 "공학학문(engineering science)"이라고 부르고 기술적인 부분을 "공학기술(engineering technology)"이라고 부른다. 공학학문은 설계를 위한 보다 원리적이고 추상적이고 이론적인 측면을 담당하고 기술로서의 공학기술은 설계 과정 이후 생산 과정까지를 담당한다고 볼 수 있다.[8] 우리가 일반적으로 "공학(engineering)"이라고 부르는 것은 이 양자를 함께 포함하고 있다. 공학은 또한 실제 세계가 복잡하고 다차원적이기 때문에 종래의 학문 범주에 예속되지 않고, 현실문제 해결을 효과적이고 경제적으로 하기 위한 새로운 존재론의 개발로 독자적인 지식체계를 형성하는 종합적인 학문이라 할 수 있다.[8]

2) 단순 계층형 교육체계

단순 계층형 교육체계는 공학교육 내용 전체를 두세 가지 또는 그 이상의 과정으로 나누고, 각 과정들 간에 계층적(hierarchical) 관계를 기본으로 부여하는 교육체계이다. 이 때 교육내용은 교양교육과 전공교육 이분법이거나, 교양교육, 중간전공, 고급전공의 삼분법 등으로 나눌 수 있다. 이들 중 이분법이 간단하면서도 충분히 일반성을 지니고 있기 때문에, 편의상 이분법을 중심으로 논의하도록 하겠다. 비록 삼분법으로 나누었다고 하더라도, 각 과정의 관계가 계층적인 관계이기 때문에 중간전공과 고급전공을 묶어 전공으로 본다고 해서 문제가 달라질 것이 없기 때문이다. 이분법에서 교양과목과 전공과의 관계는 계층적 관계이기 때문에 체계상 교양과정은 어디까지나 전공학습을 하기 위한 기초가 된다. 따라서 이것은 주로 1학년에서 다루어야만 2학년 때에 전공학습을 하는데 지장을 주지 않는다. 교양과목은 크게 두 종류로 나누어지는데, 한 종류는 전공에 직접적인 기초가 된다고 생각하는 분야로, 수학, 물리, 화학등 기초과학 과목들로 구성된다. 다른 한 종류는 학문을 하기 위한 일반적인 기초를 키워주

5) 인간 사회에는 다양한 학문 영역이 존재하는데, 그 대상은 심리적인 요소와 물리적인 요소에 기초하고 있기 때문에, 이들 모든 학문은 물리학과 심리학으로 환원될 수 있다고 보는 것이 환원주의 철학이다. 실제의 현상은 아주 복잡하고 여러 형태의 존재적 인식적 차원을 갖는다. 이러한 차원들은 어느 한 쪽으로 환원되거나 포섭되는 것이 아니라 서로 독자적인 영역을 가지면서 연결 법칙에 의해서 서로 연결되어, 전체적인 통일체를 이루는 것이기 때문에, 환원주의는 잘못된 형이상학이다.

6) Vincenti, 1990, 6, 참고문헌 [15], G. Roger, 1983, 51, 참고문헌 [13]

7) E. Layton, 1988, 91, 참고문헌 [12]

8) 최근 이 생산(manufacturing)의 과정이 아주 복잡하고 정교해지면서, 생산에 대한 과학과는 다른 독특한 지식이 개발되고 있다. 예를 들면 열역학 제일 법칙과 유사한 생산공학의 법칙을 비롯한 여러 규칙이 개발되고 있다. 앞으로 생산이 설계와 더불어 공학의 중요한 독자적 지식 영역으로 자리잡을 것이라는 예측도 나오고 있으나 아직 이 분야에 대한 연구

고 사회생활을 할 수 있도록 기본적인 소양을 기르는 데 도움을 주는 분야로, 주로 인문과학과 사회과학들의 기본교양 과목으로 구성된다. 그런데 대학의 주요 관심사는 전공분야 학문에 있기 때문에 교양교육은 1학년에서 가능한 끝내고 2학년부터는 나머지 교양과목을 이수하는 것 이외에는 주로 전공과목을 학습하도록 한다. 이 때 전공의 성격은, 교양과 전공이라는 이분법적인 틀에서 바라보면, 자연히 전공 자신을 교양과 뚜렷이 구별하려는 성향을 지니게 된다. 따라서 전공의 내용은 결국 심화전공 내용이 되고 다른 것은 이 심화전공을 위한 도구가 되게 된다. 또한 심화전공교육이란 교양교육과는 독립적인 것을 추구하려 하기 때문에, 자연히 공학 일반 및 교양과 연결되는 종합적인 면을 도외시하고 공학이론 일변도의 공학학문성 교육으로 편향될 수 밖에 없다.

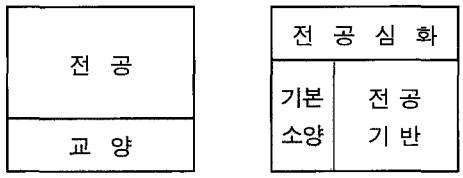
앞서 공학의 개념에서 논의했듯이 공학은 학문적 성격상 전공과 교양이란 이분법으로는 다 포괄하기 힘든 내용을 담고 있다. 공학교육을 위한 교과목들은 교양과 전공을 양극으로 하여 그 성격을 일부씩 혼합시킨 각종 과목들의 스펙트럼을 형성하고 있다. 이러한 사실은 공학교과내용이 교양과 전공요소들의 계층적인 관계보다는 서로 유기적인 관계를 맺고 있음을 말해준다. 이러한 유기적 관계는 이 스펙트럼 속에 위치하는 과목들이 전공의 성분과 교양의 성분을 함께 지니고 있고, 그 2가지 요소는 서로서로 자극을 주고 있음을 나타낸다. 그러나 계층적 교육체계는 외형상 양극 중 하나가 전공이라서 마치 공학적 지식측면을 강조하는 것처럼 보이지만, 자세히 관찰해 보면 그 반대인 것을 알 수 있다. 이때 강조되는 전공지식이란 공학 자신의 독자적인 영역으로서의 지식이기보다는, 자연히 과학과 기술의 이분법을 바탕으로 공학은 단지 과학을 응용한 기술에 불과하다는 사고가 내재되어 있었기 때문이다. 결국 보다 이론적인 공학이란 곧 보다 많은 과학적인 지식의 응용을 달성할 때 더 가치가 있다는 생각이 있는 것이다. 따라서 교양은 공학적 지식이 아니고 전공에서 다루는 공학과목은 과학적 지식에 가까우니까 결국 공학 본연의 모습은 설자리를 잃고, 공학은 그 능력과 성격이 결국 과학과 유사할 수밖에 없게 되는 것이다. 필자는 이것은 결국 계층적 교육체계에 깔려있는 기본 철학이 곧 "응용과학으로서 기술"이고 이 모델이 공학교육의 내부에 적용되기 때문에 생기는 결과라고 생각한다.

이분법적 교육체계에서는 스펙트럼 속에 있는 각종 과목들이 형성될 수 없다. 또한 이러한 과목들을 교육받지 못한 상태에서 세부전공 분야 하나에 대한 고도의 지식만으로는, 인조물을 생산하기 위한 실제적이고 도구적인 지식을 산출해 낼 수 없고 따라서 현실적인 적용 능력을 갖추지 못하게 된다. 결국 단순 계층적인 교육체계로는 미래사회가 요구하는 창의적 종합적인 능력을 가진 공학도를 양성하는 데에 적합하지 않게 된다. 따라서 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 교육체계가 필요하게 된다. 특히 장래의 새로운 시대와 환경은 보다 창의적이고 상상력이 풍부한 인재를 요구하고 있다. 이를 뒷받침하기 위해 필자는 다음 절에서 Π형 교육체계라는 새로운 모델을 제시하고자 한다.

3. Π형 교육체계

Π형 교육체계란 기본소양과정 · 전공기반과정 · 전공심화과정 등의 3가지 요소로 구성되고, 그 중 기본소양과정과 전공기반과정을 2개의 기둥으로 삼아 그 위에 전공심화과정을 상량으로 올려놓은 Π字형 구조를 가진 교육체계를 말한다(그림 1 참조). 이들 3개교육 과정에 대한 교육내용은 표 1에 기술한 것과 같다. 그림 1과 표 1에서 알 수 있듯이, Π형구조는 비록 3개 과정으로 구성되지만 삼분법적인 계층형과는 다른, 공학이 지니는 독자적인 학문적 특성을 고려한 모델이다. 이것은 교양과 전공이란 소위, 기초적이고 일반적인 연성(軟性) 지식이 하위 계층을 차지하게 하고 보다 전문적이고 과학적인 경성(硬性) 지식을 상위에 놓아 지식 획득의 전형으로 삼는 계층형 모델과는 접근방법이 다르다. 오히려 공학이란 무엇인가에 대한 근본적인 분석을 토대로 공학적 지식의 본성을 반영한 구조이다. 이 절에서는 Π형 교육체계

의 기본 내용을 간략하게 설명하고 그 특징적인 구체사항들은 다음 절들에서 고찰하도록 하겠다.



(a) 단순계층형 (b) Π형

그림 1. 교육 체계의 재구성

표 1. Π형 교육체계의 3개 교육과정

구 분	교육 내용
기본소양과정	1. 인문예술 교양과 세계문화에 대한 이해 2. 기술과 결부된 사회 교양 및 기본 지식 (경제, 경영, 법, 환경) 3. 기술적 문제에 대한 경제적 접근 능력 (공업경제, 기술경제학, 재무회계 등) 4. 정보처리 및 의사소통 능력 (컴퓨터, 인터넷, 작문, 발표) 5. 인성, 협동성 및 지도력
전공기반과정	1. 엔지니어 의식과 엔지니어로서의 자부심을 부여 2. 엔지니어로서의 전문능력을 함양 3. 기초 과학, 공학일반과 전공분야에 대한 학습 4. 설계를 중심으로 한 이론 및 실기교육 5. 통합교과목과 학제간 학습을 통한 종합적 이해
전공심화과정	대학의 교육목표와 학생의 적성에 맞춰 특성화된 전문분야를 집중적으로 학습 (예시1) 1-3학년의 전공기반교육 과목을 뒷받침하는 세부전공 교과목 제공 (예시2) 산업체 취업에 대비한 세부 전문기술교육 제공 (예시3) 연구·산업·사회 지향 교과목군들 중 특정 분야 한가지 집중 학습

1) 기본소양 과정

기본소양과정은 졸업자가 산업과 사회의 구성원들과 조화롭게 생활하는 가운데 공학전문성과 공학적 접근 능력을 발휘할 수 있도록 뒷받침해 주는 기본 소양을 쌓는 과정이다. 기본소양과정에서는 기존의 인문, 사회, 예술분야 교양교과목들에 사회 교양과 경제적 문제접근 능력을 배양하기 위한 교과목들을 강화시키고, 이에 덧붙여 정보처리 및 의사소통 능력 그리고 협동성 및 지도력과 같은 사회적 기본자질을 함양시켜 준다.

장래 산업과 사회의 제반 문제는 기술과 사회 경제적 요소들이 복합적으로 결부되어 있기 때문에, 이를 해결해야 하는 엔지니어들에게는 인간·사회·기술로 연결되는 미래사회에 대한 거시적인 안목과 이에 부합된 접근수단이 필요하다. 이를 위하여 기본소양과정에는 인문 및 예술 교양(어학, 문학, 예술, 역사, 철학, 문화 등), 사회 교양(경제, 경영, 법, 환경 등), 경제적 접근능력(공업경제, 기술경제학, 재무회계 등), 정보처리 및 의사소통능력(컴퓨터 언어, 인터넷, 작문, 발표 등), 협동성 및 지도력(인성, 윤리, 체력, 협동성, 지도력 연마) 등에 대한 기본적인 교육이 필요하다.

이들 교과목군들 중에서 인문 및 예술 교양과 사회교양 부분은 기존의 교양과목들에 속하지만, 경제, 경영, 법, 환경의 4개 요소는 장래 공학교육에서 특히 강조되어야 할 부분이다. 이는 인간과 사회를 깊이 있게 이해하므로서 사회에 대한 폭넓은 시야를 갖고, 아울러 인성과 사회성 도야에 도움이 되도록 하기 위한 것이다.[9]

또, 기술적 문제에 대한 경제적인 접근능력과 경영마인드를 갖추는 것은 엔지니어의 필수적 기본소양이다. 공학은, 현상 탐구를 목적으로 하는 과학과 달리, 합리적이고 실현성 있는 문제해결 방법을 제시하고 실천하는 학문이기 때문에 경제성을 고려하지 않고 존재할 수 없다. 그러므로 공업경제, 기술경제학, 재무회계 등을 학습시키는 경제적 문제접근능력 배양은 기본소양과정의 핵심요소가 된다.

또한, 정보화시대가 가져온 각종 정보처리 수단을 숙지하여 학습효과를 높이고, 의사소통 및 표현능력을 연마하여 자신의 전문능력을 잘 활용할 수 있게 교육하는 것은 공대생들에게 절대적으로 필요한 일이다. 이를 위해서는 각종 컴퓨터 언어,

9) 미국 스탠포드대학의 경우에는 "Science, Technology and Contemporary Society", "Technology and Economic Change", "Ethics and Public Policy", "War and Technology", "Industry, Technology and Culture" 등 기술과 사회를 주제로 하는 다양한 기본소양 및 공학교양 교과목들이 제공되고 있다.[14]

인터넷 등 정보검색, 논문 작성법, 구두 발표법, 회의 진행법, 대화 및 설득력 등에 대한 보다 체계적인 교육을 제공해야 한다.

한편, 산업과 사회의 제반 업무가 구성원간의 협동 노력에 의해 수행되는 데에 반해서, 요즈음 많은 학생들은 자기본위의 이기적 성향이 강하며 협동심이 지극히 취약한 상태이다. 학생들에 내재되어있는 과도한 경쟁의식을 불식시키고 따뜻한 인간성과 협동심을 배양하여 장차 산업과 사회의 구성원으로서 필요한 희생정신, 윤리의식 등을 연마시켜야 한다. 이를 위해서는 그룹별, 팀별 공동노력을 중시하는 교육내용을 개발하고 단체 체육활동과 동아리 활동 등을 적극 장려할 필요가 있다.

2) 전공기반 과정

전공기반 과정이란 해당 전공분야에 대한 기초적인 이론적 요소(학문성)와 실천적 요소(기술성)를 함께 갖추고 이를 종합할 때 이루어지는 공학적 접근능력을 구비하여, 자부심을 가진 엔지니어로서 산업과 사회에 진출할 수 있는 기반을 쌓는 것을 목표로 하는 과정이다. 이 과정은 기존의 교양과정에 속하는 기초과학 교양교과목들과 기존의 전공과정에 속하는 전공기초 및 기초 필수과정 교과목과 공학일반 교과목, 공학설계 교과목 및 학제적 통합 교과목들로 구성된다. 이들 중 공학일반 교과목, 공학설계 교과목, 학제적 통합 교과목 등은 전공과 교양의 두 개로 나뉜 단순 계층형 구조하에서는 어느 편에 소속시켜야 할지 불분명했던 과목이고, 따라서 대부분이 어디에도 소속되지 않은 채 누락되었었다. 단순 계층형 교육체계에서는 이러한 교과목들이 과학의 응용 지식이 아니기 때문에, 그렇게 가치 있는 공학적 지식으로 취급되지 못했고 또 순수하지 못하고 복합적이고 잡다한 공학 보조 지식에 불과한 것으로 간주되었던 것이다. 그러나 이러한 교과목 들은 실용성 있는 전문지식의 형성과 창의적인 문제 해결 능력을 배양시킴과 동시에 종합적인 안목을 키워주는데 중요한 역할을 하는, 공학에서는 매우 중요한 교과목들이다. 뿐만 아니라, 이 과목은 공학이 지니는 실천적인 측면, 곧 기술성 강화에 중요한 역할을 한다.

종래의 전공교육은 교양과 전공이라는 이분법적인 틀에서 자신을 교양과 구별하여, 전공의 심화과정을 핵심 내용으로 교육시키려 했기 때문에, 자연히 공학 일반 및 교양과 연결되는 종합적인 면을 무시한 이론 위주의 교육이 되었다. 따라서 실제 산업사회의 현실적 문제 해결에 있어서는 취약한 점이 많았다. 이런 점의 보완을 위해서는 설계 실험실습 중심의 교과목 학습과 학제간 교육을 강화함으로서 실용적 기술 습득, 실제 상황의 파악과 문제점 이해, 목표 설정 및 결과 예측, 창의적 문제해결 등 제반 능력을 배양시킬 수 있고, 아울러 팀워크 능력과 협동심도 키울 수 있다. 이러한 교육 속에는 산업체 견학, 현장 실습, 인턴쉽 등의 다양한 프로그램도 포함할 수 있기 때문에 산업현장 감각을 느낄 수 있게 하는 생동감 있는 교육이 될 수 있고, 또 공학교육에 대해 산업체들이 요청하는 이른바 현장 적응능력 제고에도 큰 기여를 하게 된다.

특히 전공기반 교육과정의 설계 교과목은 공학교육을 과학교육과 구분짓는 중요한 과목이며, 공학의 핵심이다. 학생 스스로가 엔지니어라는 자기확신을 갖고, 전문가 정신을 키우며, 거기에 자부심을 느낄 수 있게 할 수 있는 과목은 바로 설계과목이다. 설계를 통해서 우리는 실제로 무엇인가를 만들어 볼 수 있다. 과학은 자연을 이해하고 설명하는 데 주목적이 있지만, 공학은 새로운 인조물을 주어진 현실여건 하에서 창조해내는 학문이다. 이를 감안하여, 설계 및 실험실습 교과목들은 현실적 문제에 대해 해결방안을 연구하고 이를 실제 기획, 설계, 구현한 후, 그 결과물을 검증하는 과정을 포함하도록 해야 한다. 학생들은 이와 같은 일련의 과정을 통해서 한편 공학이론이 필요하다는 사실을 알게 되어 공학학문성 연마에 힘쓰게 되고, 다른 한편 이론만으로는 모든 것이 해결되지 않는다는 현실을 체득하면서 공학기술성을 닦아, 엔지니어로서의 감각과 자신감을 쌓아 갈 수 있게 된다.

장래에 기대되는 기술혁신의 특징은, 데카트로

닉스의 예에서 볼 수 있듯이, 서로 다른 분야에서 독립적으로 발전되어온 기술들이 상호 융합되는 것이라 할 수 있다. 현실적인 사례로, 반도체산업에서는 전자기술에 기계(장치)기술과 재료기술이 결합되어야 기술혁신이 가능해지고, 자동차산업에서는 기계기술에 전자기술이 결합하지 않으면 미래의 새로운 도약은 기대할 수 없다. 그러므로 미래의 엔지니어 교육에서는 학과단위 전문성과 더불어 공학전반에 대한 종합적인 안목(眼目)을 키워줄 수 있는 과목들이 반드시 편성되어야 하고 그러한 방향으로 커리큘럼의 변형이 있어야 한다.

이에 따라 세부전공별로 구분된 교과목을 통합해서 전공분야에 대한 넓은 이해를 갖게 하고, 전공별 장벽을 낮추어 인접분야를 접할 수 있는 기회를 제공해야 하며, 또한 학제간 교과목을 적극 개발해서 학생들이 체계적으로 이수할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 기초과학 교과목과 전공기초 및 핵심교과목들을 축소시키고, 전공기반과정 교과목들을 단계적으로 재구성하여, 공학설계와 통합교과목 및 학제간 교과목들을 증가시키는 것이 바람직하다.

이와 같이 전공기반 과정은 공과대학생 모두가 공통 필수적으로 갖추어야 할 엔지니어로서의 전문능력을 함양시키기 위한 1-3학년 교육과정이며, 여기에 누락된 고급전공 교과목들은 4학년 전공심화과정 중에 학습시킬 수 있다.

3) 전공 심화과정

전공심화과정이란 장차 산업과 사회에 진출하여 소속공동체에서 전문가로서의 역할을 담당하는 데에 직접적인 밑받침이 될 전문능력을 심화 학습시키는 과정이다. 전공심화 과정에서는 대학의 교육목표에 맞추어, 또 학생 각자의 적성과 인생목표에 맞추어, 특정 교과목군이나 세부전공분야를 집중 학습시켜 사회진출에 대비할 수 있도록 전문능력을 심화 학습시켜 준다.

전공심화과정을 위한 교육내용과 교과목구성은 대학별로 해당교육 목표에 맞추어 짜는 것이 중요하다. 예를 들어, 학부제를 실시하여 1-3학년 과정을 전공공통 교과목으로 채우게 되는 경우에는, 4학년 전공심화 교육과정에서 세부전공 과목들을 제공하므로서 장차 대학원 진학과 산업체 진출에 대비할 수 있도록 하는 것도 바람직하다. 예를 들어, 전기 · 전자 · 정보 · 통신 · 제어 등의 전공분야가 결집된 "전기공학부"가 있다면, 이들 세부전공 각각에 관한 교과목들을 심화 학습할 수 있도록 4학년 교과과정을 구성하면 되겠다.

이와 달리, 산업체 취업에 대비하기 위해서는, 특수 세부 전공분야를 집중 학습할 수 있도록 전공심화과정을 구성하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 정보통신학과의 경우, 컴퓨터통신 전공, 광통신 전공, 이동통신 전공, 위성통신 전공 등과 같은 특정 세부전공 분야를 집중 학습하도록 4학년 교과과정을 구성할 수 있는 것이다.

그리고 만일 산업과 사회의 지도자 육성을 교육목표로 삼는 공과대학의 경우라면, 전공심화과정을 연구지향, 산업지향, 사회지향의 교과목군들로 구성하고, 이들 중 한가지를 집중 학습하도록 유도하는 것도 고려할 수 있다.[10]

4. 기본소양과정의 특기사항

앞 절에서 대략적으로 기술한 Π형 교육체계에 대한 구체적인 교과과정은 표2에 수록한 것과 같다. 기본소양과정은 인문예술교양, 사회교양, 경제적 문제 접근능력, 정보처리 및 의사소통능력, 협동성 및 지도력 등 5개 요소로 구성되고, 전공기반과정은 기초과학교양, 공학일반교양, 전공기초 및 전공 필수, 고급공학설계, 학제적 학습 등 5개 요소로 구성된다. 또 이들을 성격별로 구분하

10) 기계공학분야를 예로 들면, 연구지향과정에서는 "고등수학", "고급역학" 등 대학원 연구에 밑받침이 될 교과목들과 분석적인 내용 중심의 졸업 논문을 부과할 수 있고, 산업지향과정에서는 "설계와 인간공학", "산업디자인" 등 설계관련 교과목들과 "생산공학", "품질관리", "기계공작법", "계측 및 자동화" 등 생산제조 관련 교과목들과 "기술/산업기획" 보고서를 부과할 수 있으며, 사회지향과정에서는 법, 경제, 경영, 환경 관련 교과목들과 정책기획보고서를 부과할 수 있다.

면 기본소양과정은 인문·사회교양과 엔지니어 기본소양으로, 전공기반과정은 기초과학, 공학입문, 전공기초 등으로 분류됨을 알 수 있다. 그림 2는 이 내용을 Π형 구조로 배열시켜 보인 것이다. 이 절에서는 이들 교과내용들 중 기본소양과정에 관하여 그 특기사항을 검토하기로 하고 전공기반과정의 특기사항에 관해서는 다음 절에서 검토하기로 하겠다. 단, 전공심화과정은 대학별 교육 목표에 따라서 그 편성이 달라지게 되므로, 구체적인 논의를 생략하기로 한다.

Π형 교육 체계에서 기본소양과정은 공학교육에 있어서 다음 두 가지 목표를 실현하려는 과정이다. 첫째는 공학도에 일반 사회 구성원으로서의 기본자질을 함양시키는 것이다. 둘째는 공학과의 유기적인 상호작용을 통해서 공학도들에게 학문적 사고력과 상상력을 키워주는 것이다. 그렇기 때문에 기본소양과정은 전공기반과정과 더불어 공학교육의 두 기둥 중의 하나가 될 수 있는 것이다.

표 2. Π형 교육체계의 교과과정 편성

구 분	구 성	학습내용	비 고
기본소양과정	1. 인문 예술 교양	• 어학, 문학, 예술, 역사, 철학 등	• 인문·사회 교양
	2. 사회 교양	• 경제, 경영, 법, 환경 등	
	3. 경제적 문제 접근	• 공업경제, 기술 경제학, 재무회계 등	• 엔지니어 기본 소양
	4. 정보처리 및 의사소통	• 컴퓨터 언어, 인터넷, 작문, 발표 등	
	5. 협동성 및 지도력	• 인성, 윤리, 협동성, 지도력, 체육 등	
전공기반	1. 기초 과학	• 수학, 물리학, 화학, 생물학 등	• 기초 과학
	2. 공학 일반 교양	• 공학 기술 이해, 공학 윤리, 기술역사, 공학 일반 설계 등	• 공학 입문
	3. 전공기초 및 필수	• 각 전공 분야의 전공기초 및 필수 교과 내용	• 전공 기초
	4. 고급 공학 설계	• 각 전공 분야 관련 시스템 설계	
	5. 학제적 학습	• 복수 전공 분야간 학제적 접근 교과목	
전공심화	대학별 교육목표에 맞추어 편성		• 전공 심화

기존의 단순계층형 교육체계 하에는 교양과정이 일반적으로 국어와 작문, 외국어와 외국문화, 문학과 예술, 역사와 철학, 사회와 이념, 기초과학 등 6개의 영역에서 소정의 학점을 취득하는 것으로 구성되어 있다. 그러나 이 교양과목들은 계층적인 의미에서 기초, 즉 기본(fundamental) 보다는 기초(elementary)라는 의미를 지니고 있다. 또 계층적 교육체계의 특징에 따라 교양과목들이 대부분 1학년 과정에 집중되어 있다. 이러한 연유로 교양교육은 소홀히 취급되고, 형식에 치우칠 뿐 실질적인 성과는 거두지 못하고 있다. 이로 인해 학생들은 입학 초부터 안일하고 구태의연한 분위기 속에서 대학 첫 1년을 보내게 되고, 그러는 동안 은연중 학업 자세가 흐트러지고 학문 경시 풍조마저도 갖게 되는 것이다[1].

21세기 기술주도의 산업과 사회를 이끌어 갈 엔지니어를 육성함 있어서 이와 같은 교양·전공 단순계층의 교육구조는 더 이상 실효성을 보일 수가 없다. 이제 교양교육을 이수한 후에 전공 교육을 받도록 한다는 계층적 개념과, 교양과목 몇 가지를 수강하는 것으로 엔지니어로서의 기본소양이 갖춰진다고 보는 믿음을 깨야 한다. 기초적 지식이라는 의미에서의 교양교육은 전혀 도움을 주지 못한다. 앞으로는 인문, 사회, 예술 등 교양과목이 단순한 기초가 아니라 상상력을 키워주고 학문적 사고를 형성시켜 주는 과목들로 되어야 한다.

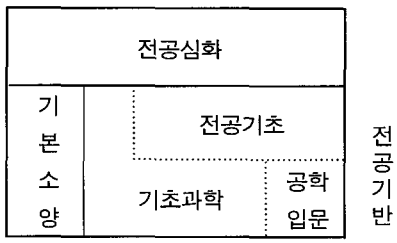


그림 2. 교과내용의 Π형 구조 배열

Π형 교육 체계는 이러한 기존 교양 과정의 문

제를 해결할 수 있다. Π형 교육 체계 하에서는 기존의 교양 과목들이 기본소양과정과 전공기반과정에 분할 흡수되며, 이것은 전공 교과목과 교양 교과목들을 1-3학년 과정 중에 병행 학습하는 것을 의미한다. 교양과정 학습 후 전공과정을 학습하도록 만든 것 그 자체가 교양의 본성을 오해한 인위적인 구분이었고, 또 1학년 한 해 동안 교양 학습을 완료하도록 한 것은 교양의 본성을 파악하지 못한 발상이었다. 교양과목은 문제 의식과 더불어 배워야 하고, 전공학습에 있어 발상전환의 계기를 주고 상상력을 부여해 주도록 되어야 한다. 특히 공학은 주어진 학문의 범주 내 고정적인 틀로서 사물을 바라보는 것이 아니고, 문제의 본성을 직시하며 과감하게 학문의 틀조차도 바꾸는 진취적인 학문이다. 공학도들은 끊임없는 상상력과 창의력이 필요하고, 복합적인 지식을 소유하고 복합적인 지식을 다루어야 하기 때문에, 기존의 교양과목을 포함한 여러 가지 기본소양 교과목들이 매우 중요하다. 따라서 이러한 교양교과목들은 전공과목과 병행하여 학습하는 것이 필요하다. 계층적 교육체계는 이러한 점을 해결해 주지 못하지만, 새로운 Π형 교육체계 아래에서는 기본소양과 전공기반이 2개의 기둥을 이루며 병행되기 때문에 서로 조화를 이루며 상호 작용할 수가 있다. 이러한 조화와 상호작용은 상상력과 창조력이 중요한 역할을 하는 공학교육에 상승 효과를 줄 수 있을 것이다. 이 점은 앞으로 실증적 연구의 뒷받침이 필요하다.

기본소양과정에서는 인문 및 예술 교양, 사회교양, 경제적 접근능력, 정보처리 및 의사소통 능력, 협동성 및 지도력 등을 기본교육내용으로 한다. 이들 중 처음 3가지는 기존의 교양 선택 과정과 상통하는 점이 있으나, 기존의 계층적 체계에서의 교양에 대한 이해와 새로운 교육체계에서의 이해는 위에서 설명한 접근개념 측면에서 전연 다르다. 또 기본소양과정에서는 사회성 교과목과 경제적 접근능력을 키우는 교과목들을 강조한다는 점이 다르다.

기술과 경제 사회적 요소들이 결부되어 있는 복합적 문제들을 해결할 수 있기 위해서는 사회분야의 지식과 경제적인 문제접근 능력이 기본 소양으로 필요하다. 특히, 공학은 과학적 지식과 기술적 수단 등을 모두 활용하여 인류사회가 봉착한 문제를 가장 경제적인 방법으로 해결하려는 학문이기 때문에[8], 경제적인 접근 능력은 기본적인 구비요소이다. 따라서, 공업경제, 재무 회계 등의 교과목은 전공에 무관하게 필수적으로 이수해야 한다.

정보화 시대에 임하여, 컴퓨터를 이용한 정보처리와 인터넷을 이용한 정보획득은 특히 엔지니어 교육에서 필수적인 요소들이다. 현재도 대부분 대학에서 전산실 등의 주관 하에 공개강좌의 형태로 관련 과목들이 제공되고 있기는 하나, 앞으로는 이를 더욱 발전시켜 모든 학생들이 필수적으로 이수하도록 제도화할 필요가 있다. 운영의 측면에서는 정규 교과목보다 비정규 교과목의 형태로 수시 제공하는 것이 바람직하고, 또 이를 숙지하고 있는 학생에게는 시험 등을 통해 바로 자격학점을 부여하는 방안도 필요하다.

장차 공학도가 기획 및 실천 능력과 의사표현 및 설득력을 갖추도록 하려면, 논문 작성방법, 구두 발표 방법, 회의진행 방법, 대화 및 설득 방법, 자료작성 방법 등 다양한 교과목을 개발해 제공할 필요가 있다. 물론 정보처리의 경우와 마찬가지로, 비정규 교과목으로 운영하고 또 수시 제공하는 것이 바람직하다.

5. 전공기반과정의 특기사항

Π형 교육체계의 전공기반과정을 구성하는 교과목들 중 기초과학교양과 전공기초 및 전공 필수는 종래의 내용과 크게 다를 바 없기 때문에 논의에서 제외하고, 새롭게 부각되는 나머지 3가지 요소들에 대해서만 살펴보도록 하겠다.

1) 공학일반 교양

전공기반과정을 구성하는 5가지 요소들 중에서 공학일반 교양은 그 중요성은 인정되면서도 아직 교과과정에는 반영되지 않은 부분이다. 공학 일반 교양에는 공학 및 기술에 대한 전반적 이해, 공학윤리, 공학과 기술의 역사, 공학일반설계, 산업현장실습 등의 내용을 포함한다.

먼저, 공학과 기술의 이해란 과목의 역할과 내용을 살펴보자. 공학의 중요한 요소 중의 하나가 기술이다. 과학은 수학적이며, 미시적이고, 분석적이거나 정합적인 성격을 갖고 있는데 비해, 기술은 경험적이고, 거시적이고, 직관적이며, 비정합적인 면을 띄고 있고 또 암묵적이다. 이러한 기술적인 접근 방법은 복잡한 실제에 대해 정밀하지는 않지만 실용적이고, 전체적인 조망을 갖는데 큰 기여를 한다. 공학은 문제를 해결하고 인조물을 창조해야 하는데, 여기에는 인조물에 대한 모든 종류의 분석적 지식을 필요로 하지는 않는다. 분석적이고 수학적인 지식은 현실성 있고 경제성 있고 효율적인 해결책을 강구하는 방편으로서 필요하고, 이 때 최적의 해결책은 오히려 공학적 상식과 경험에 기초한 방향 설정에 힘입어 이루어질 때가 훨씬 더 많다. 이를 위해, 공학도로서 갖춰야 할 공학분야의 일반 상식과 전문 지식을 활용할 수 있는 기초가 필요하다. 따라서 공학 및 기술적 지식 전반에 대한 이해를 가르치는 과목은 공학의 기술적 성분을 중요시하고 전체적 조망과 거시적인 안목을 배양시키는 것을 주요 교과내용으로 해야 한다.

공학윤리(engineering ethics) 교육은 엔지니어 교육에 있어 특별한 의미가 있다. 장래 산업사회에서는 제품의 실용성뿐만 아니라, 그 제품이 인간 사회에 미치는 영향도 고려해야 한다. 공학자들은 자신이 만든 제품이 고도의 전문적인 지식을 요구하고 또 인간 사회 전반에 막대한 영향을 끼칠 수 있기 때문에, 이에 대한 책임을 지지 않으면 안 된다. 따라서 엔지니어는 법학자나 의사처럼 전문가로서의 책임 있는 윤리 의식이 필요하다. 특히 현대사회는 기술사회라 부를 만큼 기술이 지배하고 있다. 따라서 이러한 기술적 지식과 제품을 생산하는데 핵심적인 역할을 할 공과대학 졸업생은 이 산업과 사회의 지도자적 위치에 서게 된다. 이러한 상황에서 공학윤리는 공과대학생들에게 필수적인 교육이 아닐 수 없다[7]. 미국의 경우, 공학 및 기술 인증위원회(ABET)는 이미 1980년대부터 공학윤리교육을 공학교육 검증을 위한 필요 요건으로 지정해온 바 있다. 또한 미국 대학들의 컴퓨터 공학과에서는 컴퓨터 윤리란 것을 중요한 과목으로 가르치고 있다.

공학일반설계란 공학적 전문지식 없이도, 고등학교 물리, 화학, 기술 정도의 실력과 교양교과목의 기초적 과학적 지식과 전공기초 지식의 일부 등만 가지고 여러 가지 복합적인 문제를 풀기 위해 설계를 하는 것이다.[11] 예를 들면 간단한 로봇을 제작하거나, 신문지만 가지고 적절한 무게를 지탱하는 다리를 제작한다거나, 최소한의 재료를 써서 기본 성능을 내는 자전거 제작한다던가 하는 것이다. 이 때 제작을 위한 접근 방안을 기획하고 구현방법을 구체화하고 제작하고 작동하게 되는데, 이것이 곧 공학일반 설계이다. 이 과목은 설계가 어떤 고도의 전문지식을 가진 사람들만이 하는 것으로 잘못 이해하던 것을 불식시키고, 상상력과 창의적인 아이디어를 발휘할 수 있는 일상생활 속의 작업임을 알 수 있게 해 준다. 동시에, 공학은 곧 이러한 작업의 연장과 발전이라는 개념을 심어주고 이론이란 이를 위한 도구임을 인식시켜, 보다 자유로운 이론 개발이 중요하다는 의식도 심어줄 수 있는 기초과목이다. 이 과목은 공학에 필요한 창의적인 문제접근 능력이 멀리 있는 것이 아니라 현실주변에 있는 것이라는 인식도 일깨워주는 소중한 교과목이다.

2) 고급 공학 설계

전공기반과정에서 가장 강조해야 할 요소는 공학설계 교육이다. 설계란 공학적 문제 해결을 위한(즉, 목표를 달성하기 위한) 수단과 방법을 구체화하는 과정을 일컫는 것으로, 공학의 정수(精髓)라고 말할 수 있다. 이는 공학이 설계를 정점으로 하여 이를 뒷받침하는 원리인 공학학문과 설계 이후의 개발, 생산 등 전 과정을 담당하는 공학기술로 구분되기 때문이다[2, 6].

11) 학사과정 1-2학년을 대상으로 서울대학교 공과대학에서 제공해 온 "공업설계" 및 "창의공학설계"는 공학일반설계에 해당한다[8].

설계 교과목은 세부전공에 무관한 1학년용 공학 일반설계와 전공지식에 입각해서 시스템을 설계하도록 하는 3-4학년용 고급공학설계로 구분할 수 있다. 공업일반설계는 위에서 이미 기술한 것과 같고, 고급공학설계는 3-4학년 정도의 전공지식을 기반으로 하는 전문 시스템 설계이다. 따라서 고급공학설계는 가급적이면 복합적인 전공지식과 구현기술이 필요한 설계과제를 제시하는 것이 바람직하고, 관련 이론 및 실험 교과목과 통합하여 제공하는 것이 효과적이다. 이러한 설계 과제에 대비하여 1-3학년 전공기반과정 학습기간 중 능동적인 전공학습과 실험실습에 임할 수 있도록 유도한다면 전공교육에 대한 파급효과도 크게 된다. 덧붙여, 4학년 전공심화과정에 1-4학년 전공내용을 총집결시킨 종합설계(capstone design)를 별도로 둘 수 있다[9].

공학설계 교육에서는 설계를 위해서 창조적 아이디어를 도출하고 종합하는 능력을 배양시키는 것과 더불어 이를 구현하기 위한 전문적 지식이 필요함을 가르치고, 학교에서 배운 전공 분야의 전문적 지식을 활용하도록 계산도 하고 이론도 적용하는 문제를 제시하는 것이 필요하다. 공학 이론의 중요성과 심화전공의 필요성에 대한 동기를 유발하여 공학의 본질을 체득할 수 있도록 해주며, 아울러 창의성과 공학적 상상력을 키워주고 기획능력과 협동심까지도 향상시켜 주는 등 공학설계교육이 줄 수 있는 장점을 최대한 발휘할 수 있도록 체계적으로 구성해야 한다.

이와 같은 중요성을 반영하여, ABET은 일찍부터 설계교육을 공학교육 검증의 필수요소로 지정해 온 바 있고[10], 외국 유수대학들도 설계 교과목들을 모두 필수로 부과하고 있다.[12] 설계 교육은 "무엇인가를 만들어내는" 엔지니어란 직업에 흥미와 애착을 갖도록 해주며, 또 문제를 보는 공학적인 안목도 길러 주게 된다. 한편, 설계과목은 혼자 문제 푸는 작업이 아니라, 서로 다른 여러 다양한 지식을 가진 학생들의 협동을 통한 작업이라는 것을 보여주는 과목이다. 이러한 훈련을 통해서 현대의 공학은 과거의 천재들의 발명을 통해 추구되었던 단순적 공학이 아니라, 지식의 공유와 협력과 분담을 통해 문제가 해결되고 발전하는 복합적 공학이라는 것을 깨달을 수 있다. 따라서 "발명의 산업화"란 현대 공학의 특징을 잘 이해하고, 공학이 자연과 사물과 인간을 다룬 학문임을 깊이 인식하고, 공학활동에 있어서 사회성 형성과 지도력이 필요하다는 것을 깨닫는 데에, 이 고급설계교육이 크게 기여할 수 있다.

3) 통합교과목과 학제간 교육 프로그램 개발

과거 우리 나라 산업사회에서는 엔지니어 역할이 주로 세부분야 기술문제에만 국한되었고, 또 수행하는 업무도 대부분 독자적 처리가 가능한 것들이었다. 그러나 이제는 제반 공학적 문제들이 통합화된 양상으로 나타나므로 이에 따라 엔지니어도 개인적, 분석적인 접근보다는 협동적, 종합적인 접근방식을 갖추어야 문제를 해결할 수 있게 되었다. 이에 따라 현대에는 전통적인 학문 범주로 분류해 넣을 수 없는 새로운 통합적인 성격을 가진 지식 영역이 새로운 학문 범주로서 등장한다. 예를 들면, 메카트로닉스(mechatronics), 멤스(MEMS:Micro Electro-Mechanical Systems), 멀티미디어(multimedia), 생물공학(biotechnology) 등이 그것이다.

이와 같은 현대의 시대적 환경이 제공하는 문제를 해결할 수 있기 위해서는 공과대학생들에게 각종 전문 지식에 대한 통합적인 접근능력을 배양시켜야 한다. 이를 위해서 기존의 세부전공지식 위주의 교과목들을 지양하고, 이들을 여러 교과목들의 통합 교과목과 학부 및 학과간의 학제적 교과목들로 대폭 전환하는 것이 필요하다. 그렇게 함으로써 "나무를 보면서 또한 숲도 바라볼 수 있는" 넓은 안목과 종합적 해결능력을 갖춘 엔지니

12) 실례로, MIT 기계공학전공의 경우, "생산 공학 설계"라는 교과목의 이수를 졸업요건으로 부과하고 있다[11]. 이 교과목에서는 결론이 정해져 있지 않은 개방적 문제를 학생들이 팀을 구성하여 접근하게 함으로써 목표 지향적인 업무추진 능력을 능동적으로 학습하도록 하고 있다.

어들을 육성할 수 있게 된다.

통합 교과목과 학제간 교육 프로그램을 개발하기 위해서는 기존 학문의 틀을 벗어나 새로운 각도에서 교육과 학습의 본질을 조망하는 시각이 필요하다. 연관된 주제들(예, 이론과 실험, 분석과 합성, 이론과 설계, 설계와 생산)을 한가지 통합 교과목 내에서 상호 연결시켜 주게 되면, 학습 동기와 흥미를 유발하여 교육효과도 높아질 것이다. 현재 우리 나라 공과대학에서는 전공 교과목들이 학과 중심으로 제공되고 있는데, 이 학과들은 대부분 수 십년 전에 만들어졌다. 따라서 오늘의 학과 구분과 학과에서 제공하는 세부교과목 구분은 그간 기하급수적으로 발전 분화해온 공학지식과 공학기술을 수용할 수 있는 틀을 제공하지 못할 뿐 아니라, 장래 발전을 위한 비전도 제시하지 못하고 있다. 미래 지향적인 교육을 위해서는 현재의 학과목, 학과 등의 구분들을 허물고 다양한 학제적, 통합적 교과목들을 개발하면서 새로운 발전의 가능성을 열어야 한다.

산업혁명으로 인한 공학기술의 발달은 인간의 노동력을 기계로 대치했지만 여전히 지적활동은 모두 사람이 하고 기계도 모두 사람이 직접 작동시키는 것처럼 생각했다. 그러나 컴퓨터와 통신기술의 발달로 정보처리 능력이 엄청나게 커짐에 따라, 이제 기계작동은 물론 인간의 지적활동 또한 상당한 부분은 컴퓨터가 맡을 수 있게 되었다. 이러한 상황에서 우리는 엔지니어에게 가르치고 엔지니어가 가져야 하는 지식의 핵심요체가 무엇인가를 다시 생각할 필요가 있다. 컴퓨터를 써서 쉽게 할 수 있는 일을, 사람이 일일이 한다는 것은 그 자체가 비능률적인 일이며 또한 시대흐름에 뒤지는 일이다. 종래의 공학교육에서는 잘 정리된 문제를 설정하고 이를 푸는 방법을 가르치는 것이 대부분의 비중을 차지했다. 그러나 이제는 이와 같은 정형화된 문제 해결이나 지식 저장과 같은 단순 업무는 대부분 컴퓨터에게 맡겨두고, 사람은 현실의 문제를 규명하여 정형화된 문제로 모델링하고, 컴퓨터가 풀어낸 결과를 다시 현실에 환원시켜 그 타당성을 검증하고 활용하는, 사고(思考) 및 판단의 영역을 담당하도록 해야 한다. 이와 같은 측면에서 보면 각 전공 교과목에 컴퓨터 관련 요소를 결합시켜 통합 교육하는 것은 절대적으로 필요한 일이다.

구체적인 통합 교과목의 예로는 학부 및 학과별로 전공 교과목들을 가급적 폭넓게 합하여 이들을 단일 교과목으로 만들고 이때 필요한 만큼 학점수를 높여주는 방안이 있다. 또, 전공이 다른 2-3명의 교수가 함께 새로운 개념의 교과목을 개발하여 4-6학점을 부과시키며 공동으로 강의하도록 하는 방안도 마련할 수 있으며, 이것은 특히 학제간 교과목 제공에 유용하다. 그 밖에도 이론 과목과 실험 과목을 통합하고 분석 위주 과목과 합성 위주 과목을 통합하는 등, 표 3에 열거한 것과 같은 여러 가지 형태의 교과목 통합과 신규 교과목 개발을 고려할 수 있다.

표 3. 통합교과목 개발 예시

구 분	내 용
유사 교과목 통합	유사과목간의 통합 교과목
대응 교과목 통합	이론과목 + 실험과목 이론과목 + 설계과목 이론과목 + 실험과목 + 설계과목 설계과목 + 생산 관련 과목 분석위주 과목 + 합성위주 과목
학제간 교과목 통합	유관학부 및 학과들간의 학제간 교과목
신기술 활용 접목	기존 교과목 + 컴퓨터 기술 활용 기존 교과목 + 기타 신기술 매체 활용

6. 결론

이 논문에서는 공학의 개념을 언급하고 기존의 단순계층형 교육체계로는 진정한 엔지니어 교육이 어려움을 보이고, 그 대안으로서 공학교육이 새롭게 지향해야 할 새로운 II형 교육체계를 제시했다. 이는 과거 상하계층 구조를 형성했던 교양교육과정과 전공교육과정을 각각 기본소양과정과 전공기반과정으로 변경시켜 평행구조로 전환시킨 것이다. 이것은 수직 대 수평의 근본적 개념 전환을 의미하는 것으로, 그 위에 전공심화과정을 상량으로 얹어 놓아, 대학교육 목표와 학생 개별 적성을

반영할 수 있는 기틀을 마련해 준다.

이와 같은 Π형 교육 체계는 과거 단순계층형 교육체계가 해결할 수 없던 여러 문제점들을 한꺼번에 해결할 수 있는 열쇠를 제공하는 것으로 믿어진다. 기존의 교양교육과정이 주던 비효율성과 악영향을 불식시킬 수 있게 하고, 기존 전공교육의 이론학습 치중문제와 수학연한 부족문제를 모두 해결할 수 있을 것이다.

Π형 교육 체계의 기본소양교육은 인문 사회 예술계 교과목들에 대한 맛보기 정도로 그쳤던 과거의 교양교육과는 달리 사회경제적 접근능력, 정보처리 및 의사소통능력, 협동성 및 지도력 등을 아울러 함양시킬 수 있도록 확대시키므로서, 사회현실 속에 살아있는 교육으로 승화시켜 준다. 또한 인문 사회 예술계 교과목을 기초적인 것으로 보기보다는 상상력과 새로운 발상을 자극해 주는 역동적인 과목으로 보아 1학년에서 3학년까지 계속 이수하도록 하고, 또 공학과 상호작용을 일으킬 수 있도록 해 준다. 그러므로 기본소양과정은 학생들에게 상상력과 창의력을 키워주는 역할을 통해 공학교육의 한 축을 담당하며 전공기반과정과 더불어 전공심화교육이 효력을 발생할 수 있도록 밑받침해 준다.

전공기반과정은 과거에 세부전공 교육과 이론교육에 치우쳤던 전공교육을 공학일반교양, 공학설계, 학제적 학습 등과 기초과학교육을 추가시켜 확대한 후, 이들 중 필수기반이 되는 부분을 취한 것이다. 이것은 공학도가 엔지니어로서의 전문능력과 자부심을 갖추도록 해주는 과정이며, 공학학문과 공학기술이 조화를 이루도록 하고 또 학제간의 폭 넓은 이해가 가능하도록 해 주는 과정이다. 전공기반과정은 기본소양과정과 더불어 전공심화교육을 위한 받침목이다.

한편, 전공심화과정은 전공기반교육의 폭에 깊이를 더해주는 추가 교육과정으로서, 졸업 후 산업사회 진출에 대비한 전문능력을 심화시키는 기회를 부여해 준다. 이 과정은 한편 대학별 교육목표를 반영하여 차별화된 교육을 제공할 수 있는 여지를 마련해 주기도 한다. 과거 모든 공과대학들이 대학이나 학생들의 차이를 고려하지 않고 일률적인 교과과정을 제공함으로서 빚었던 갖가지 폐단들을 불식시켜, 대학별 학생별 특성을 살려주고 기량을 최대한 발휘할 수 있는 장(場)을 펼쳐주는 것이다.

이와 같은 Π형 교육 체계를 통해서 교육받은 공학도들은 장래 시대적 환경변화에 걸맞게 산업사회의 구성원 역할을 다하면서 전문가로서의 능력을 발휘할 수 있게 될 것이다. 과거 공학도들이 받았던 근시안적이고 비사회적이라는 부정적 이미지를 모두 벗어나서, 전공분야에 대한 폭넓은 시각과 사회구성원으로서의 적극적 참여자세를 갖춘 미래지향적인 엔지니어로서 성장해 나갈 수 있게 될 것이다. 산업체 내에서 타전공의 동료들과 협동하여 새로운 발전의 계기를 마련해 갈 것이며, 사회 속에서도 공학적 사고와 사회성을 발휘하여 삶의 질 향상에 기여하게 될 것이다.

지금까지는 제안한 Π형 교육체계는, 앞으로 여러 사람이 지적하겠지만, 단점이 없는 것이 아니다. 무엇보다도, 기본소양과정과 전공기반과정의 교육내용이 너무 광범위하지 않은가 하는 점이 문제로 제기된다. 또한 너무 이상적이라 실현 가능할 지에 대한 의문을 가질 수 있다. 이대로 시행할 경우 학생들의 교과목 수강이 너무 많아지고 학생들에게 엄청난 짐이 되어 도리어 의도와는 달리 암기 위주의 교과목 수강이 되지 않을까 하는 우려도 있다. 이러한 점들을 해결할 수 있으려면, 교과과정 재구성, 교과목 개발, 교과목 통합, 학제적 교과목 개발, 사회 인문계 공동 협조 등 여러 가지 실천적인 노력이 적극 뒷받침되어야 할 것이다. 이 Π형 교육 체계는 현재로는 이론적인 제안으로, 그 효과가 아직 경험적으로 검증되지 않은 가설에 불과하다. 앞으로 연구할 과제는 제안된 체계를 실제로 적용하기 위한 구체적 내용을 부여하는 일과 이를 검증할 수 있는 모델을 만드는 일이다. 이에 관련하여 독자들의 기탄 없는 비판과 실증을 바라는 바이다.

[참고문헌]

① 김승조(1995), "공과대학 교양과목 개선에 관한 연구", 공학기술, 2(1) 50

② 김유신, 이병기(1996), "공학이란 무엇인가?", 공학기술, 2(4) 6

③ 김태유(1995), "공학의 악덕과 미덕", 21세기 인간과 공학, 고려원미디어, 11

④ 서울대학교 공과대학(1997), "서울대학교 공과대학의 교육혁신"

⑤ 이병기, 김도연, 김태유, 이장무, 김유신(1997), "21세기 공학교육을 위한 Π형 교육체계", 공학교육 학술대회 논문집, 197

⑥ 이병기, 이기준(1996), "공학의 개념적 정의", 공학기술, 2(4) 3

⑦ 이택식(1996), "공학과 공학자 그리고 기술", 서울대학교 출판사

⑧ 이장규, 주종남, 조동일(1997), "공과대학 저학년생을 위한 설계과목 개설", 공학교육 학술대회 논문집, 101

⑨ 한송엽(1997), "공학교육 프로그램에 있어서 설계교육" , 공학교육 학술대회 논문집,

⑩ ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology)(1997), Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States93

⑪ Massachusetts Institute of Technology Bulletin(1997)

⑫ Layton, Edwin(1988), "Science as a form of Action: The Role of the Engineering Sciences", Technology and Culture 29, 82

⑬ Roger,G.F.C.(1983),The Nature of Engineering: A Philosophy of Technology, London

⑭ Stanford University Bulletin(1997)

⑮ Vincenti, Walter(1990), What Engineers know and How they know it, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London