

---

---

## 공학설계능력의 평가 요소 구명

김태훈\*, 이소이\*\*, 노태천\*\*\*

충남대학교 대학원 공업교육학과 박사수료\* , 대전 남선중학교 교사\*\*

충남대학교 기술교육과 교수\*\*\*

## Investigation of the Components for Assessing the Ability of Engineering Design

Tae-Hoon Kim\*, So-Yee Lee\*\*, Tae-Cheon Rho\*\*\*

Dept. of Industrial Education, Graduate School of Chungnam National University\*

Daejeon Namseon Middle School\*\*

Dept. of Technology Education, Chungnam National University\*\*\*

### 국문요약

이 연구는 공학설계능력의 평가를 위한 공학설계능력의 평가 요소를 추출하고 추출된 공학설계능력 평가 요소에 대한 타당도.

- 사회적 능력 : 의사소통, 팀워크
- 절차적 능력 : 문제확인 및 정의 검증은 목적으로 하고 있다. 일차적으로 문헌분석과 연구진 자체 검토를 통하여 공학설계능력의 평가 요소를 추출하고 전문가 집단을 통하여 내용타당도를 검증하였다. 그 결과로 제시된 평가 영역과 평가 요소는 다음과 같다하기, 계획 및 관리하기, 정보 수집하기, 아이디어 도출하기, 아이디어 평가하기
- 경험 : 공학적 경험, 과학적 경험
- 지식 : 공학적 지식, 과학적 지식, 수학적 지식
- 시각화 능력 : 스케치, 제도
- 사고력 : 수렴적 사고, 귀납적 사고, 직관적 사고

### Abstract

The purposes of this study are to select assessment components for the engineering design ability and to verify the validity of the selected assessment components.

From the results of the study, the following conclusions were made.

- Social Ability : 'Communication' and 'Teamwork'
- Procedure Ability : 'Acknowledging and Defining Problems', 'Planning and Maintaining', 'Collecting Information', 'Deriving Ideas' and 'Evaluating Ideas'
- Experience : 'Engineering Experience' and 'Science Experience'
- Knowledge : 'Engineering Knowledge', 'Science Knowledge' and 'Mathematics Knowledge',

‘Visualization Ability’: ‘Sketching’ and ‘Drawing’

· Reasoning : ‘Converging Reasoning’ ‘Inductive Reasoning’ and ‘Intuitive Reasoning’

주제어 : 공학 설계 능력, 평가, 평가 요소

Keyword : The Ability of Engineering Design, Assessment, The Components for Assessment

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

정보화 기술의 혁신적 발달로 인하여 지식정보화 사회가 도래되고, 이러한 변화는 산업체에서 요구하는 공학자의 능력과 소양을 매우 폭 넓은 방향으로 확대시켰으며, 이에 따라 공학교육도 변화에 부응하는 교육으로 변화되고 있다. 미국의 경우, 이러한 변화에 발빠른 대처를 하기위하여 공학교육인증 위원회(ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology)를 설립하였으며, 한국에서도 1999년 한국공학교육인증원(ABEEK: Accreditation Board for Engineering Education of Korea)이 설립되어 대학의 공학 및 관련 교육을 위한 교육 프로그램 기준과 지침을 제시하고, 이를 통해 인증 및 자문을 시행함으로써 공학 교육의 발전을 촉진하고 실력을 갖춘 공학기술 인력을 배출하기위한 노력을 하고 있다. 미국의 ABET와 한국의 ABEEK는 인증기준을 살펴보면, 문제해결 접근을 통한 공학 설계 능력을 특히 강조하고 있음을 알 수 있다.

공학설계능력의 필요성 강조와 더불어, 이를 가르기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 이에 따라, 공과대학에서는 공학설계기초, 창의 설계 등의 과목들이 생겨나게 되었으며, 공학설계능력을 기르기 위한 많은 연구들이 진행되었으며, 앞으로도 계속적으로 진행될 것으로 판단된다.

하지만 대부분의 연구들이 공학설계능력을 기르기 위한 방법론적인 접근을 취하고 있을 뿐, 공학에서 설계능력에 대한 영역 특수적인 성격과 그 요소를 명확히 규명하고 있지 못하고, 개발된 공학설계능력을 객관적이고 신뢰성 있게 측정하고 평가하기 위한 도구의 개발은 미흡한 수준에 있는 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 공학설계능력의 평가를 위한 타당한 평가 요소들을 추출하여 향후 공학설계능력 평가 도구의 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

### 2. 연구의 목적

이 연구에서는 공학설계능력의 평가 요소를 추출하고 추출된 공학설계능력 평가 요소에 대한 타당도 검증을 목적으로 한다.

구체적인 세부 목표는 다음과 같다.

- 가. 문헌 분석을 통하여 공학설계능력의 평가 요소를 추출한다.
- 나. 추출된 공학설계능력 평가 요소에 대한 타당도를 검증한다.

### 3. 연구 방법

#### 가. 문헌 분석

공학설계능력의 평가 요소를 추출하기 위하여 문헌 분석을 실시하였다. 현재 국내에 간행된 공학설계 관련 단행본과 공학 설계 관련 연구 논문을 대상으로 문헌 분석을 실시하였다.

공학설계능력 평가 요소의 추출을 위하여 분석 대상 문헌 내에서 공학 설계자가 갖추어야 할 자질 혹은

능력과 관련하여 언급되고 있는 키워드를 중심으로 연구진 협의를 통하여 추출하였다. 추출된 키워드들은 유사 항목간의 통합과 재 분류를 통하여 영역별로 제시하였다.

## 나. 조사 연구

공학설계능력 평가 요소의 타당도 검증을 위한 설문지는 문헌 분석에서 추출된 공학설계능력 평가 요소를 기초로 제작하였다. 전문가 집단을 대상으로 평가 요소에 대한 타당도는 '매우 타당하지 않음', '타당하지 않음', '보통임', '타당함', '매우 타당함'의 5단계 Likert 척도로 응답하도록 하였다. 공학설계능력 평가 요소의 타당도 검증을 위한 전문가 집단은 공학설계 관련 단행본 저자와 공학 설계 관련 연구물 저자, 공학설계 관련 과목의 강의 경험자로 구성하였다. 전문가 집단의 표집은 <표 1>과 같다.

<표 1> 전문가 집단 표집

(단위 : 명)

단행본 저자	연구물 저자	강의 경험자	합
30	5	6	41

개발된 설문지는 이메일을 이용하여 발송하였으며, 회수된 질문지는 총 15부였다. 회수율은 36.6%이다. 수집된 자료는 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 빈도, 백분율, 평균, 표준편차 등의 기술통계를 실시하였으며, Excel을 이용하여 내용타당도 비율(CVR : Content Validity Ratio)을 산출하였다.

설문 조사를 통하여 수렴된 평가 요소에 대한 타당도 결과는 다음과 같은 식에 의하여 일치된 의견을 양화(quantifying consensus)한 내용타당도 비율(CVR<sup>1</sup>)을 산출하였다.

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

여기서  $n_e$ 는 '타당하다'라고 응답한 패널들의 수, 즉 이 연구에서 사용한 Likert식 5단계 척도에서는 각각의 평가 요소가 각 영역별로 타당한 항목이라고 판단하고 4, 5점에 응답한 응답자의 빈도수를 의미한다. 그리고  $N$ 은 전체 전문가 집단의 인원수를 의미한다.

## II. 공학설계능력 평가 요소 추출

공과대학생의 공학설계능력 평가 요소 추출을 위하여 공학 설계와 관련된 문헌들(Thompson, 2004; Pahl & Beitz, 2004; Cross, 2004; Haik, 2004; 박강 외, 2005; 조대회, 1998; 김태훈, 2005)을 수집하여 문헌 고찰을 실시하였다. 이를 바탕으로 연구진들이 공학설계능력과 관련이 있다고 판단되는 240개 요

- 1) 내용 타당도 비율은 다음과 같은 가정에 의해 고안되었다. 가정1. 어떠한 문항이든 '중요하다'라고 응답한 패널의 수가 50%이상일 때 그 문항은 내용 타당도를 어느 정도 가지고 있다. 가정2. 그 문항이 '중요하다'라고 인식하고 있는 패널들이 많으면 많을수록(50% 이상) 그 문항의 내용 타당도 정도 또는 범위는 증가한다. CVR값을 계산하는 공식은 다음과 같은 특성들로부터 유도되었다. 즉, '중요하다'라고 응답한 패널수가 50%보다 적을 때 CVR은 음수, 50%일 때 CVR은 0, 100%일 때 CVR은 1.00 50%이상 100%이하 일 때 CVR은 0과 1.00사이에 위치한다. 이러한 CVR 값은 Schipper가 제시한 데이터에 의해 델파이 조사지에 참여한 패널의 수에 따라 그 최소값이 결정되어진다. 즉, 유의도 .05수준에서 패널 수에 따른 최소값 이상의 CVR값을 가진 항목들만이 내용 타당도가 있다고 판단할 수 있다(Lawshe, 1975).

소를 1차적으로 추출하였으며, 2차적으로 연구진 자체 상호 검토를 통하여 240개 요소 중 타당하다고 인정된 요소를 선별하여 178개 항목을 선별하였다. 이를 다시 중복된 요소의 통합, 불분명한 표현의 요소 삭제 등의 과정을 거쳐 총 7개 영역, 26개의 평가 요소를 도출하였다. 연구진 자체 상호 검토를 통해서 추출된 공학설계능력 평가 요소는 <표 2>와 같다.

<표 2> 공학설계능력 평가 요소

영역	평가 요소	설명
지식	공학적 지식	공학에 대한 지식
	과학적 지식	과학에 대한 지식
	수학적 지식	수학에 대한 지식
	경제학적 지식	경제학 관련 지식
	심리학적 지식	심리학 관련 지식
경험	공학적 경험	공학 분야에 대한 실제적 경험
	과학적 경험	과학 분야에 대한 실제적 경험
	수학적 경험	수학 분야에 대한 실제적 경험
사고력	확산적 사고	주어진 조건으로부터 다양한 가능성과 모든 방향을 고려하여 다양한 발상을 이끌어내는 사고 능력
	수렴적 사고	주어진 조건으로부터 유일한 답을 이끌어내는 사고 능력
	귀납적 사고	개개의 구체적인 사례나 현상의 관찰로부터 일반화를 이끌어내는 과정을 통하여 사고하는 능력
	연역적 사고	가설을 설정하고 설정된 가설을 검증하는 과정을 통하여 사고하는 능력
	직관적 사고	대상의 본질·진리를 이론에 의존하지 않고 직접적으로 인식하여 사고하는 능력
절차적 능력	문제 확인 및 정의하기	비 구조화된 특성을 가지는 설계 문제에 대한 충분하고 명확한 이해와 이를 바탕으로 정의내리기
	계획 및 관리하기	설계 과정에 대한 계획 및 일정 수립과 관리하기
	정보 수집하기	설계에 필요한 정보 수집하기
	아이디어 도출하기	수집된 정보를 바탕으로 설계를 위한 아이디어 도출하기
	아이디어 평가하기	여러 준거를 기준으로 도출된 아이디어의 타당성에 대한 평가하기
	아이디어 실천하기	선정된 아이디어의 실천하기
시각화 능력	스케치	구상한 내용의 구체화를 위해 시각적으로 표현하는 능력
	제도	정해진 제도 규칙에 따라 설계 아이디어를 표현하는 능력
자기 조절 능력	노력	설계 문제를 해결하면서 해결에 대한 신념을 가지고 지속적으로 집중하는 것
	자기 관리	설계 문제를 해결하면서 스스로의 주의집중을 살피며 자기 자신을 검토하는 것
사회적 능력	의사소통	말이나 글 혹은 그 외의 수단 등으로 정보를 전달하는 능력
	팀워크	설계 문제 해결을 팀 구성원과 함께 할 수 있는 능력
	공학 윤리적 소양	공학이 환경과 사회에 미치는 영향에 대한 이해 능력과 전문 직업인으로서 직업적, 도덕적 책임에 대한 인식

### Ⅲ. 공학설계능력 평가 요소의 타당도 검증

공학설계능력 평가 요소에 대한 타당성 여부를 확인하기 위하여 전문가 집단을 구성하여 설문 조사를 실시하였다. 조사 결과를 바탕으로 각 평가 요소에 대한 타당도 검증을 하였다. 설문조사는 문헌 고찰을 통한 분석과 연구진 자체 검토를 통하여 선정된 평가 항목을 기초로 개발한 설문지를 이용하였으며 각 평가 요소가 공학설계능력을 평가하기에 타당한지의 여부를 판단하도록 하였다. 그 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 공학설계능력 평가 요소 설문 조사 결과

영역	평가 요소	평균	표준편차	CVR
지식	공학적 지식	4.73	0.46	1.00
	과학적 지식	4.07	0.70	0.60
	수학적 지식	3.93	0.59	0.60
	경제학적 지식	3.40	0.99	0.07
	심리학적 지식	2.93	0.80	-0.60
경험	공학적 경험	4.60	0.63	0.87
	과학적 경험	3.93	0.59	0.60
	수학적 경험	3.60	0.63	0.07
사고력	확산적 사고	3.80	0.86	0.33
	수렴적 사고	4.00	0.85	0.60
	귀납적 사고	3.93	0.59	0.60
	연역적 사고	3.53	0.64	0.20
	직관적 사고	3.93	0.96	0.60
절차적 능력	문제 확인 및 정의하기	4.73	0.46	1.00
	계획 및 관리하기	4.20	0.77	0.60
	정보 수집하기	4.07	0.70	0.60
	아이디어 도출하기	4.40	0.51	1.00
	아이디어 평가하기	4.00	0.65	0.60
	아이디어 실천하기	3.87	0.92	0.33
시각화 능력	스케치	4.20	0.77	0.60
	제도	3.87	0.74	0.60
자기 조절 능력	노력	4.00	0.85	0.33
	자기 관리	3.73	0.88	0.20
사회적 능력	의사소통	4.47	0.74	0.73
	팀워크	4.47	0.64	0.87
	공학 윤리적 소양	3.67	0.98	-0.07

<표 3>에 제시된 결과와 같이 각 평가 요소에 대한 타당도의 평균값이 2.93~4.73의 범위 내에 있는 것으로 나타났다. 특히 지식 영역의 '심리학적 지식'(M=2.93)이 가장 낮은 평균값을 보이고 있으며 '심리학적 지식'을 제외하고는 3.40이상의 평균값을 보임으로 대부분의 타당한 요소로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 특히 지식 영역의 '공학적 지식'(M=4.73)과 절차적 능력의 '문제 확인 및 정의하기'(M=4.73)가 가장 높은 평균값을 나타내었다.

각 평가 요소별로 산출한 내용타당도 비율을 살펴보면 -0.60~1.0의 범위에 분포되어 있음을 알 수 있다. Lawshe(1975)의 연구에 의하면 사례수가 15일 경우 유의 확률 .05 수준에서 내용 타당도 확보를 위한 CVR 최소값은 0.49이다.

따라서, 이 연구에서는 CVR값이 0.49이상인 평가 요소들만이 내용 타당도가 있다고 판단하였다.

내용 타당도가 확보된 영역별 평가 요소는 다음과 같다.

- 지식 : 공학적 지식, 과학적 지식, 수학적 지식
- 경험 : 공학적 경험, 과학적 경험
- 사고력 : 수렴적 사고, 귀납적 사고, 직관적 사고
- 절차적 능력 : 문제 확인 및 정의하기, 계획 및 관리하기, 정보 수집하기, 아이디어 도출하기, 아이디어 평가하기
- 시각화 능력 : 스케치, 제도
- 사회적 능력 : 의사소통, 팀워크

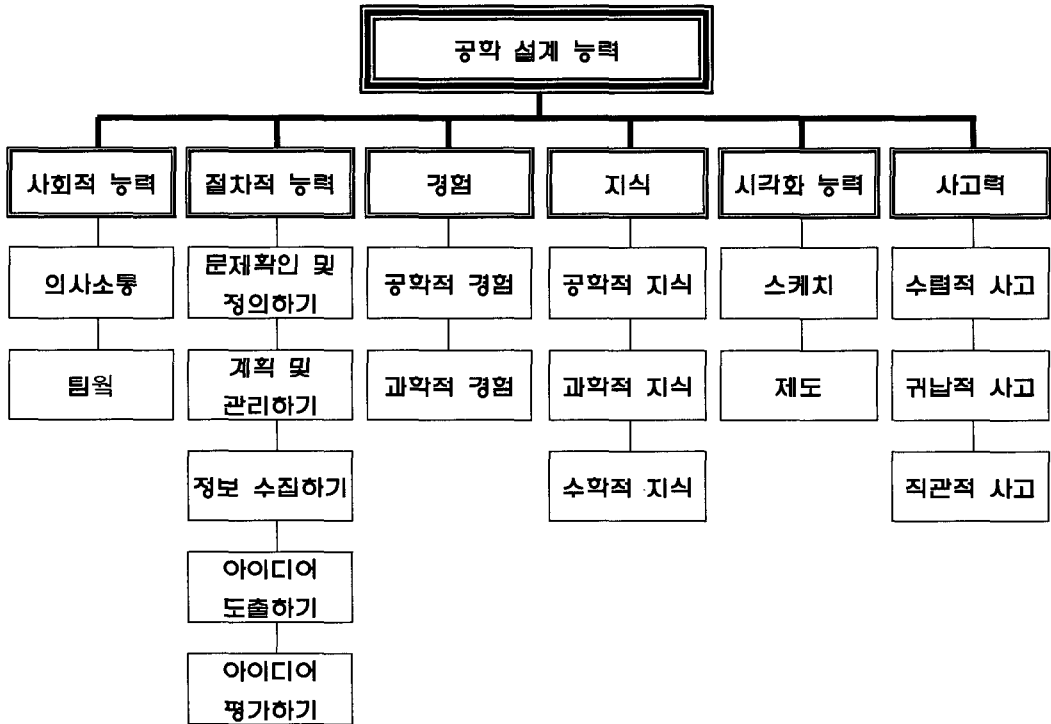
내용 타당도가 확보된 평가 요소에 한하여 각 영역별 타당도 정도를 알아보기 위하여 영역별 타당도에 대한 평균값과 표준편차를 구하였다. 그 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 공학설계능력 평가 영역별 평균

영역	평가 요소	M	SD
지식	공학적 지식	4.24	0.58
	과학적 지식		
	수학적 지식		
경험	공학적 경험	4.26	0.61
	과학적 경험		
사고력	수렴적 사고	3.95	0.80
	귀납적 사고		
	직관적 사고		
절차적 능력	문제 확인 및 정의하기	4.28	0.62
	계획 및 관리하기		
	정보 수집하기		
	아이디어 도출하기		
	아이디어 평가하기		
시각화 능력	스케치	4.04	0.76
	제도		
사회적 능력	의사소통	4.47	0.69
	팀워크		

내용 타당도가 확보된 평가 요소들로 구성된 영역별 평균값은 3.95~4.47의 범위를 가지는 것으로 나타나 대부분의 영역이 타당하게 인식되고 있었다. 특히 '사회적 능력'(M=4.47)이 가장 높은 평균값을 보였으며, 절차적 능력(M=4.28), 경험(M=4.26), 지식(M=4.24), 시각화 능력(M=4.04), 사고력(M=3.95) 순으로 평균값이 제시되었다.

이상의 결과를 바탕으로 공학설계능력 평가에 있어서 타당하다고 인정되는 평가 영역과 평가 요소를 최종적으로 제시하면 [그림 5]과 같다.



[그림 5] 공학 설계 능력 평가 영역 및 요소

## IV. 결론 및 제언

### 1. 결 론

이 연구의 결과를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 공학설계능력의 평가에 있어서 타당한 평가 영역은 '사회적 능력', '절차적 능력', '경험', '지식', '시각화 능력', '사고력'의 6개 영역으로 구성된다.

둘째, 공학설계능력의 각 영역에 해당하는 타당한 평가 요소는 사회적 능력의 '의사소통'과 '팀워크', 절차적 능력의 '문제 확인 및 정의하기', '계획 및 관리하기', '정보 수집하기', '아이디어 도출하기', '아이디어 평가하기', 경험의 '공학적 경험', '과학적 경험', 지식의 '공학적 지식', '과학적 지식', '수학적 지식', 시각화 능력의 '스케치', '제도', 사고력의 '수렴적 사고', '귀납적 사고', '직관적 사고'의 총 17개의 평가요소로 구성된다.

## 2. 제 언

이상의 연구 결과와 결론을 토대로 추후 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구는 문헌 분석과 전문가 검토에 의한 평가 요소의 타당도를 검증하는 연구로서, 공학설계능력의 평가 시 고려해야 할 모든 요소에 대한 구명에는 한계점이 있다. 따라서 이 연구에서 미처 조명하지 못한 공학설계능력의 평가 요소들을 탐색하여 밝혀내는 후속 연구가 필요하다.

둘째, 이 연구에서 제시된 각 평가 영역과 평가 요소들에 대한 독립적인 영향 및 상호관련성에 대한 확인을 통하여 각 평가 요소들에 대한 실증적인 확인이 필요하다.

셋째, 이 연구의 결과를 기초로 지속적인 연구와 노력을 통하여 공학설계능력을 객관적이고 신뢰성 있게 측정하고 평가하기 위한 도구의 개발 연구가 필요하다.

## [ 참 고 문 헌 ]

- 김태훈(2005). 공과대학생의 기술적 문제해결 전략과 자아조절 관련 변인과의 상관 연구. 공학교육연구, 8(2), 64-83.
- 박강 외.(2005). 공학 문제 해결의 길라잡이 창의공학. 인터뷰전.
- 이소이, 김태훈, 노태천, 김춘길(2005). 공과대학의 공학윤리 교육과정 운영 실태 조사. 공학교육연구, 8(2), 35-51.
- 조대회(1998). 건축설계교육에 있어서 문제해결 능력 개발에 관한 연구. 경희대학교 부설 디자인 연구원 논문집, 1, 101-106.
- ABEEK(2005). 2005년 신인증기준.
- Cross, N. (2004). 공학설계 방법론(김관배, 차주현 역.). 범한서적주식회사. (원저 2000 출판).
- Haik, Y. (2004). 창의적 공학설계(김경천 외 역.). 시그마프레스. (원저 2003 출판).
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
- Pahl G. & Beitz W.(2004). 공학설계론(한동철 외 역.). 동명사. (원저 1996 출판).
- Thompson, B. S. (2004). 창의적 공학설계(1)(서영성 외 역.). 피어슨 에듀케이션 코리아. (원저 1998 출판).