

건설엔지니어링 대학교육의 능동적 학습방식 도입 기초 연구

A Preliminary Study on Active Learning Process in Construction Engineering

조 창 연*○

Cho, Chang-Yeon

이 준 복**

Lee, Jun-Bok

요 약

건설산업의 국제경쟁력 강화를 위해서는 기술력의 확보가 무엇보다 중요하다. 기술력은 유능한 엔지니어의 양성과 정에서부터 시작됨의 인식으로 대학교육의 중요성이 대두되고 있는 현실이다. 본 연구에서는 수동적 교육의 한계를 극복하기 위하여 능동적 학습방식의 의의 및 중요성을 제시하고자 한다. 사례로서 중량의 양중작업용 타워크레인을 대상으로 능동적 학습 절차와 주요 수행 내용을 설명하고 학습효과를 분석한다.

키워드 : 기술력, 능동적 학습, 타워크레인, 파일럿 모형, 학습효과

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 건설시장의 개방으로 인하여 해외 및 국내 시장에서의 경쟁력 확보의 중요성이 대두되었고, 이를 위해서는 기술력 확보가 시급하다는 인식이 증대되고 있다.

건설기업에서 대학을 졸업하는 신입직원에게 대한 전문 지식의 수준에 대한 부정적인 평가가 있다는 것은 주지의 사실이다. 이의 보완을 위해서 대학교에서는 실무적인 교과목의 강화 노력이 경주되고 있다. 그러나 이와 같은 실무적인 교과목은 경험에 높은 의존도를 보이고 있는 건설산업의 특성을 지나치게 강조한 나머지 건설기술의 궁극적인 발전을 위한 창의적·합리적 문제 해결능력 배양이 상대적으로 소홀히 다루어질 우려가 있다.

따라서, 대학에서는 다양한 측면의 균형과 조화를 이루는 교육이 절실하게 요구된다. 건설산업의 새로운 부가가치를 창출하고, 선진국형 건설산업으로의 전환을 위해서는 창의적이고 혁신적 사고를 지닌 엔지니어의 양성을 위한 교육 프로그램의 보완이 요구된다.

본 연구의 목적은 혁신적 엔지니어 양성을 위한 대학교육의 능동적 학습 의의와 방법을 살펴보고, 시범 교육 사례를 통하여 학습효과를 파악하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 내용과 방법으로 연구를 수행한다.

○ 새로운 패러다임의 능동적 학습방식 전개

문헌조사를 통하여 기술집약적 건설산업의 이해, 현행 대학의 엔지니어 교육방식의 특성 및 한계점 파악, 사회적 요구에 따른 새로운 학습방식의 필요성 및 중요성을

분석한다. 또한 새로운 능동적 학습방식의 전개 모델을 제시한다.

○ 사례: 타워크레인의 설치, 작업 현황 및 실태 조사

각종 통계자료 및 사례조사를 통하여 타워크레인 관련 안전사고의 유형 및 유형별 원인을 파악한다. 문헌자료 및 현장조사를 통하여 타워크레인 구성, 설치방법에 대한 조사를 실시한다. 현장조사를 통하여 타워크레인 작업 범위, 작업 방법, 생산성 측정 및 분석 등을 실시한다. 또한, 타워크레인의 안전사고 위험요인, 작업생산성 저해요인 및 개선사항, 기술적 업그레이드 요구기능 등을 파악한다.

○ 타워크레인의 설계 및 모형 제작

타워크레인 구성 및 작동원리를 이해함으로써 기능 및 성능의 개선을 도모하고자 파일럿모형 제작을 위한 설계 CAD도면을 작성한다. 모형의 스케일, 구조적 안정성을 위한 개략 구조계산, 작업 메커니즘의 구현 방법 모색 등을 고려한 상세설계를 실시하고 이를 기반으로 모형을 제작한다.

○ 능동적 학습효과 분석

파일럿 모형의 제작 전과정을 통하여 무엇을 어떻게 이해하고 지식화하였는지 학습효과를 정성적으로 분석한다. 또한 학생들의 만족도를 조사한다.

2. 새로운 대학의 엔지니어링 학습방식

2.1 엔지니어링 교육방식의 현황 및 문제 제기

교육 및 학습방식은 크게 수동적(passive learning)과 능동적(active learning) 학습방식으로 구분된다. 일반적으로 대학에서 능동적 교육방식을 선호하면서도 여러 가지 현실적 제약조건으로 인하여 수동적 교육이 이루어지고 있는 실정이다. 수동적 학습방식은 교수의 강의를 통한 전문지식의 전달방법이라고 할 수 있다. 학생은 강의를 열심히 듣고 중요한 부분을 필기하며 교재를 통하여 강

* 학생회원, 홍익대학교 건축공학과 대학원 석사과정

** 일반회원, 홍익대학교 건축공학과, 조교수

의내용을 예·복습하여 자신의 지식화(know-what)를 도모한다. 학습에 대한 평가는 과제물과 시험이라는 과정을 통하여 실시된다. 따라서, 좋은 성적이 긍정적 학습효과로 분석되고 학생자신도 만족감을 가지게 된다. 평가는 상대평가 또는 절대평가로서 학생간 선의의 경쟁을 유도하면서 학습효과를 도모하고자 한다.

반면, 기업(사회)에서 요구하는 대학 졸업자의 잠재적 유능한 엔지니어 자격요건은 어떤가? 문제분석 및 해결능력, 의사소통능력, 창의적 아이디어 도출능력, 팀워크능력으로 알려지고 있다. 이와 같은 기업의 요구를 충족시키기 위하여 대학의 학습과정 중에 과연 학생 스스로 문제를 찾아 분석하고 해결방안을 도출하는 학습과정이 어느 정도 있을까? 또한 이에 대한 보고(report) 및 발표(presentation) 등의 의사전달(communication)능력은 어느 정도일까? 높은 학점과 자격증 취득을 위하여 지나치게 개인주의적으로 대학교육을 받는 엔지니어들에게 어떻게 팀워크(teamwork)를 유도할 수 있을지 교육 및 학습의 모순을 너무나 쉽게 발견하게 된다. 선의의 경쟁과 자신의 전문지식습득의 중요성 못지않게 글로벌화시대에 네트워크의 중요성이 강조되는 시점에서 과연 대학교육 및 학습과정에서 상생을 위한 팀워크 교육이 있는지 의문시된다.

따라서, 대학교육은 사회진출을 위한 마지막 고도의 교육기관으로서 전문지식의 습득 못지않게 문제해결능력, 의사소통능력, 엔지니어링 도덕성, 팀워크능력이 중요시되어야 하며 다양한 학습과정을 통한 훈련(practice)이 필요하다.

2.2 창의적 엔지니어의 학습방식

유능한 엔지니어의 양성을 위한 패러다임의 변화는 필수적이다. 즉, 교육은 “학생 스스로의 학습과정”이고, “개인적 독특성(individual uniqueness)과 협동(cooperation)의 조화”라는 인식이 우선 필요하다. 이와 같은 인식하에 학습방식의 전환이 요구되는 것이다.

다음의 표1은 전통적 교육과 새로운 교육방식의 비교(Smith, 1993)를 설명하고 있다.

표 1. 전통적 교육과 새로운 교육방식의 비교¹⁾

전통적(passive) 교육	새로운(active) 교육
전공별 개별 교과목의 개설	학제적(interdisciplinary) 교육 프로그램의 개설
경쟁적(competitive) 학습 환경	협동적(cooperative) 학습 환경
수동적(passive) 학습형태	능동적(active) 학습형태
지식의 객관적/가치중립적 본질에 초점	지식의 주관적/가치 지향적 본질에 초점
독립된 절차와 지식중심의 전개	학습의 연계 및 적용중심의 전개
교과과정에 충실한 학습 진행	학생의 의욕에 충실한 학습 진행
개충적 리더십 추구	네트워크형 리더십 추구

표1에서 보듯이 새로운 교육방식은 학제적, 협동적, 능동적, 주관적 지식의 습득과정이어야 하고 이를 위하여 교수는 teacher에서 coach로 그 역할이 변화할 필요가 있다. 학생 스스로 능동적 학습을 하기 위해서는 동기부여가 무엇보다 중요하다. 동기부여는 호기심(curiosity/inquiry), 열정(enthusiasm), 그리고 성취감(achievement)으로 설명될 수 있다. 호기심으로 시작한 학습이 열정을 가지고 최선을 다하여 새로운 지식을 찾아내어 성취감을 느끼게 되면 비로소 성공적인 학습효과로 나타나게 된다. 이와 같은 교육의 새로운 패러다임을 충족시키기 위하여

그림 1과 같이 수동적 교육과 능동적 교육의 균형과 조화를 이루는 학습방식이 요구된다. 능동적 학습방식을 통하여 지식의 습득(know-what)뿐 아니라 문제해결능력(know-what if), 의사결정능력(know-how)을 배양하게 된다.

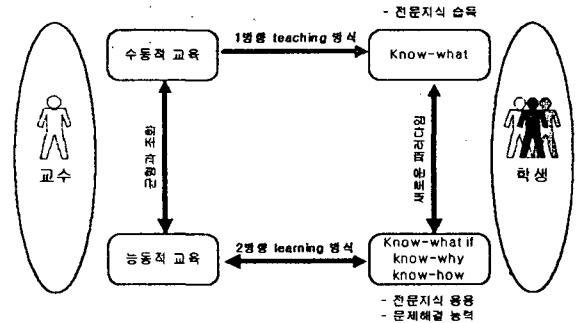


그림 3. 새로운 엔지니어 교육 방식

3. 사례: 타워크레인의 작업 합리화 방안

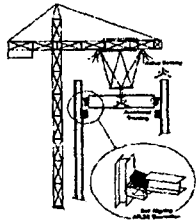
3.1 작업의 이해 및 전문지식의 습득

타워크레인 양중작업의 이해와 작업분석에 따른 기술적 개선사항 도출을 위하여 관련 자료 및 인터넷 등 다양한 자료조사를 실시하였다. 타워크레인은 일반적으로 "T형"과 지브 크레인이라 지칭하는 "루핑형(Luffing type)"의 두 가지로 나눌 수 있는데, T형 크레인이 공동주택공사 현장에서 많이 사용되고 있다.

타워크레인 관련 주요 이슈는 설치계획 및 안전관리, 양중계획 및 안전관리로 요약된다. 조사결과 타워크레인 과 관련한 안전사고는 크게 타워크레인의 설치/해체작업시 발생하는 안전사고와 양중작업 중 발생하는 안전사고로 구분된다. 설치/해체작업시 발생하는 안전사고는 마스트(mast)와 지브(jib)의 설치 및 해체작업시 마스트의 진도 또는 작업원의 낙하 등의 사고발생이 보고 되고 있다. 양중작업중 발생하는 안전사고는 작업 도중 강풍에 의하여 발생하는 안전사고, 운전자의 시야미확보에 의하여 발생하는 안전사고, 자재하역 중 발생하는 안전사고의 세 가지로 구분할 수 있다.

타워크레인의 성능개선을 위한 국내외의 다양한 연구 개발 현황을 조사하였다. 그림 2(a)는 미국의 Lehigh대학에서 개발한 Advanced Technology for Large Structural Systems(ATLSS)이다. 이 기술은 철골부재의 자동조립을 위하여 타워크레인 후크부분을 6자유도를 가진 스텐워드 플랫폼(stewart platform)기술로 대체하여 자재의 위치제어를 자유롭게 하였으며 카메라를 설치하여 작업을 실시간으로 제어하고 조종하는 시스템을 제시하였다. 그림 2(b)는 ATLSS 개념을 구체화 한 것으로 국립표준국(NIST)에서 개발된 크레인의 양중능력 증진을 위한 자동화 기술이다. 즉, 철골부재와 같은 중량물의 운반 및 인양을 위하여 개발된 로보크레인은 첨단 IT기술을 접목한 자동화 기술이다.

그 외에 고공의 운전실에 위치한 타워크레인 조종자를 위한 무선 영상감시장치 기술, 인터넷 기반 원격제어기술, 바람에 의한 진폭위험 및 낙하사고 등을 예방할 수 있는 첨단 경보기술, 인양자재의 원활한 핸들링을 위한 후크부분의 개선기술 등의 연구개발이 수행되었다.



(a) ATSS



(b) RoboCrane

그림 2. 타워크레인 기술혁신 사례(외국) ³⁾

타워크레인의 양중작업을 이해하고 문제점을 파악하기 위하여 2개의 공동주택 건설현장을 방문하여 5가지 다른 자재의 양중 및 인양작업을 관찰하고 생산성 측정을 실시하였다. 대부분의 자재 양중 작업은 자재적재 작업자 2명, 자재 하역작업자 2명, 무선 신호수 1명, 타워크레인 조종자 1명의 총 6명으로 구성되고 있으며 작업 프로세스는 다음 그림 3과 같다.



그림 3. 타워크레인 양중작업 프로세스 작업사진

생산성측정은 5분기법이 사용되었으며 자재별 참여 작업원을 대상으로 생산성 측정이 실시되었다. 생산성 측정 결과 자재적재 노무자와 자재하역 노무자의 생산성이 50%미만으로 나타났으며, 반면 타워크레인 조종사와 무선 신호자의 생산성은 50%이상으로 나타났다. 현장인터뷰 결과 타워크레인 작업과 관련하여 기술적 보완사항으로는 양중무게의 한계 자동 인식, 지브회전시 장비의 안정성, 조종사의 시야 확보 등이 요구되었다.

3.2 타워크레인 관련 문제점 도출

타워크레인 관련 문헌조사와 현장조사를 통하여 다음과 같은 기술적 한계 및 문제점이 도출되었다.

첫째, 타워크레인의 양중계획과 관리방법이 효율적으로 수행되지 못하여 비용낭비 요인이 되곤 한다.

둘째, 타워크레인의 설치 및 해체작업 공정에서 안전사고가 빈번히 발생되고 있으며 이에 따른 직간접비용이 발생한다.

셋째, 타워크레인의 작업시 타워크레인 조종자의 독립적인 자재 양중 및 운반작업 수행이 어려워 중간 연결자(최소 1인)를 포함한 3인 이상의 무선통신 및 수신호를 통하여 의사소통을 하여 작업을 수행한다.

넷째, 타워크레인의 구조적 특성상 작업 중 중량, 바람 등 작업환경, 이동 등에 의한 순간 하중 증가, 무리한 중량의 양중 등으로 인하여 안전사고의 위험이 내재하고 있다.

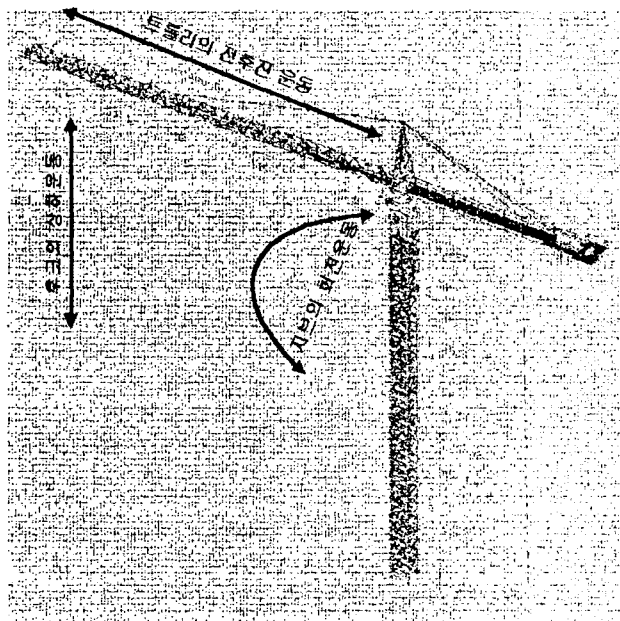
다섯째, 타워크레인의 구조상 양중기능을 지닌 후크와 수직케이블의 안정성과 기능성의 한계를 보인다. 즉, 자재의 인양 및 해체에 많은 시간이 소요되고 있으며 연결상태가 자유단으로서 이동시 주의를 요하게 된다.

본 연구에서는 기술적 접근으로서 세 번째 문제점인 양중작업에 있어 최소 3인의 교신이 필요하다면 위험한 고공에서의 조종작업이 필요할까? 하는 질문으로부터 지상에서의 원격조종에 의한 양중작업의 가능성을 입증하고자 연구를 진행하게 되었다. 이를 위하여 타워크레인의 구조, 구성요소, 조종대상 작업 및 동작원리를 이해하기 위하여 기존의 타워크레인에 대한 이해를 도모하였고 이를 근거로 모형의 설계 및 제작을 실시하였다.

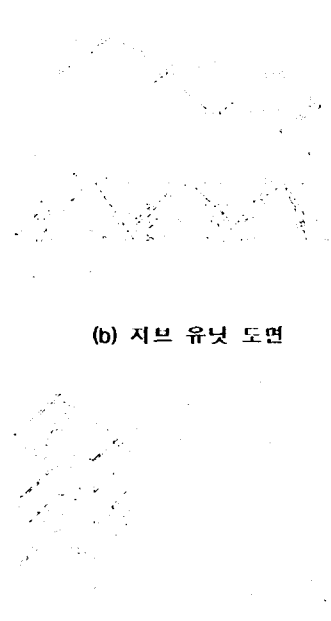
3.3 파일럿 모형(pilot model)의 설계 및 제작

현재 국내에서는 POTAIN사와 LIEBHERR사의 타워크레인이 가장 많이 활용되고 있는 것으로 조사되었다. 모형제작을 위한 고려사항으로는 규격, 타워크레인 구조의 이해, 구성 부재의 특성, 기능(작업)분석 등이다. 타워크레인의 기능은 트롤리의 진후진 운동, 후크의 상하운동, 지브의 회전운동의 3가지이다. <그림 4 참조>

모형제작을 위한 도면은 그림 4와 같이 1/50 스케일로



(a) 파일럿 모형 도면 및 타워크레인의 요구운동



(b) 지브 유닛 도면



(c) 미스트 유닛 도면

그림 4. 타워크레인 모형 제작용 도면

작성되어 규격은 길이 1.6m(지브, 카운트 지브 포함), 전체 높이 1.2m 이다. 모형설계시 지브와 카운트지브간의 하중분담 계산, 카운트 웨이트의 하중에 따른 양중가능 하중계산, 부재 유닛의 구조해석을 실시하여 각 부재의 규격, 세부 유닛의 구성요소와 형태를 결정하였다.

모형의 주요 구성은 마스트, 지브, 후크 등을 포함하는 구동부(모형몸체)와 원격조종을 위한 제어기 등을 포함하는 제어부가 있다. 그 외에도 파일럿 모형을 제작하기 위한 재료, 동력 및 모터, 컨트롤러를 결정하는 과정에서 다양한 대안의 비교검토를 실시하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 그림 5와 같이 모형이 제작되었다.

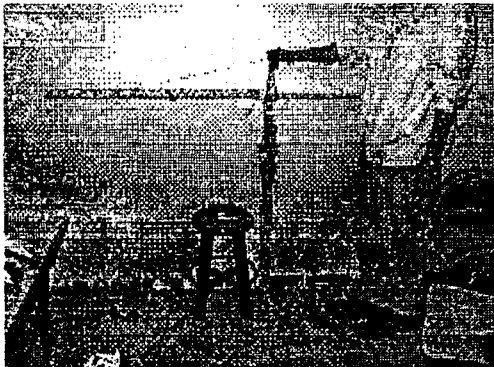


그림 5. 타워크레인 모형

3.4 능동적 학습효과 분석

본 연구에서 사례로 살펴보았던 「타워크레인의 작업 합리화 방안」 추진 결과 능동적 학습효과는 다음과 같이 정리될 수 있다.

첫째, 학생들이 직접 주제를 선정하고 문제를 규명하기 위하여 현장조사 및 문헌조사를 실시하고 주기적인 아이디어 회의를 통하여 전문지식의 습득 및 이해를 도모하였다. 이 과정에서 참여 학생 (6인) 모두는 주제에 대한 높은 열정과 관심을 보였고 이는 연구주제에 대한 흥미로 진전됨을 알 수 있었다.

둘째, 실태조사 결과 기술적 향상 방안에 대한 다양한 아이디어를 도출하였으며 토론을 통하여 현실적인 대안이 도출되었다. 이 과정에서 타워크레인의 구조와 작동원리를 이해하게 되었다. 모형제작을 위한 상세설계 과정에서 구조적 안정성을 고려한 설계를 실시하게 되었다. 설계 및 제작이라는 일련의 과정을 통하여 상호 연관성을 인식하게 되었고 각 과정별 기본적 전문지식을 습득하게 되었다.

셋째, 모형의 설계 및 제작과정을 통하여 건설장비의 기계적 메커니즘을 이해하게 되었다. 또한, 모형의 유선조종을 위한 설계 및 제작과정을 통하여 전기적 메커니즘을 이해하게 되어 학제간(interdisciplinary) 학습이 이

루어지게 되었다.

넷째, 6명의 학생이 팀을 이루어 작업을 하면서 각자의 역할과 책임을 담당하게 되었으며 합리적 의사결정 과정을 거쳐 단계별 필요한 결정을 하게 되었다. 이를 통하여 팀워크의 중요성과 시너지 효과를 경험하게 되었다.

4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 급변하는 21세기에 경쟁력 있는 건설엔지니어의 양성을 위한 능동적 학습방식의 도입방안 기초 자료를 제시하였다. 사례로서 중량물 양중작업에 사용되는 타워크레인의 기술력 향상을 목적으로 학생들의 문제인식, 문제해결 과정을 통하여 능동적 학습의 개념과 과정, 기초적인 학습효과 파악결과를 제시하였다. 향후 능동적 학습의 구체화를 위하여 학습단계를 보다 세분화하여 목표, 내용, 절차를 규정할 필요가 있으며, 건설에 관련한 다양한 엔지니어링분야의 적용을 통하여 보완하고 모델을 완성하고자 한다. 아울러 학습효과의 계량적 평가도 수행되어야 한다. 본 연구의 보완을 통하여 유능한 엔지니어를 배출하고, 미래 건설산업의 기술력 및 경쟁력 제고를 도모할 수 있는 새로운 엔지니어 교육모델을 정립할 수 있길 기대한다.

참고문헌

1. ABET 2000. Accreditation Board for Engineering and Technology, Engineering Criteria 2000, <http://www.abet.org>.
2. Alder, P.S. (1989). Technology Strategy: A Guide to the Literature. Res. on Technology Innovation, Management and Policy, 4, 25-151.
3. Bernstein, H. M., and Lemer, A.C. (1996). Solving the Innovation Puzzle. Challenges Facing the U.S. Design & Construction Industry, ASCE, New York.
4. Hermann, N., The Creative Brain, Brain Books, Lake Lure, NC, 1990.
5. Navon, Ronie, Teaching automation as part of the construction curriculum. Automation in construction, Elsevier, pp. 301-311, 1996.
6. Rosenfeld, Y., Shapira, A., Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility, Automation in construction, Elsevier, pp. 285-298, 1998.
7. Smith, B.L., Creating learning communities, Liberal Education, 79(4), pp. 32-39, 1993.
8. Tornatzky, L.G., and Fleischer, M. (1990). The Processes of Technological Innovation, Lexington Books, D.C. Heath and Company.

Abstract

Ensuring technical ability is essential in the construction industry to increase competitiveness in the global market. A new paradigm is coming up in academic education system to cultivate the competent engineers. The major objective of this research is to suggest a positive learning pattern in order to overcome the limitations of the passive learning style. A case study, technical upgrading with a tower crane, is explained in terms of active learning process, results, and evaluation of students' performance.

keyword: technical ability, positive learning, tower crane, pilot model, learning effect