

4차산업혁명시대의 건설관리 및 시공교육



안용한 한양대학교 건축학부 부교수, yhahn@hanyang.ac.kr

KICEM

1. 4차산업혁명시대와 건설산업

건설은 건축 (architecture)과 토목 (Civil Engineering)의 총칭으로, 일반적으로 건물, 설비, 시설 등을 만들어 세우는 모든 프로세스를 의미한다. 즉 건설 프로세스는 인간이 생명을 유지하기 위하여 필수적인 주거공간을 제공함은 물론이고, 국가 경제에 있어 중요한 부분을 차지하는 인프라를 제공하는 등의 역할을 한다.

건설부문은 2017년 기준 대한민국 국가 국내총생산 (GDP)의 약 4.5%를 차지하며, 건설투자의 비중은 14.7%로 약 250조 원에 이르는 등, 거대산업으로 자리매김하였다. 또한 한국고용정보원의 조사에 따르면 건설산업군의 취업자는 전체 산업군의 취업자 중에서 약 7.0%를 차지하고 있다. 이러한 자료를 토대로 보았을 때, 건설산업은 기간산업으로써의 역할과, 고용불안 해결을 위한 일자리 창출 수단으로써의 역할을 지니는 국가적으로 매우 중요한 산업이라고 할 수 있다 (한국고용정보원 2016).

최근 건설산업에서는, 신규 건축물 및 인프라에 대한 투자를 넘어 기존 건축물 및 인프라에 대한 유지관리 또한 중요한 이슈로 대두되고 있다. 이러한 시대적 흐름에 따라, 설계 및 엔지니어링, 시공, 사업관리, 유지관리를 건설산업을 구성하는 중요한 요소로 나누어 생각할 수 있으며, 각 요소에 대한 전문적인 지식과 경험을 바탕으로 하는 긴밀한 협업이 중요시되고 있다. 때문에 건설산업은 다양한 참여자 간의 복잡한 이해관계, 프로젝트 내·외부 환경의 영향, 국가경제 및 부동산 경제 등에 영향을 받아 그 생산성이 좌우되는 특성을 지니고 있다. 학계, 기업, 연구계 등은 이러한 건설산업의 생산성 향상, 프로세스 혁신, 건설기술의 선진화 등을 위한 연구와 실무를 지속적

으로 수행해왔으며, 그 중에서도 특히, 건설관리 및 시공분야에서의 건설산업 선진화를 위한 노력과 업적은 가장 크다고 할 수 있다.

건설시공 및 건설사업관리는 “건설의 꽃”으로 볼 수 있으며, 전문적인 기술력이 필요한 중요한 학문분야로, 건설시공은 부지·지반 조사로 시작하는 각종 예비조사 및 가설공사·토공사·기초공사·철골·콘크리트 공사 등으로 이루어지며, 설계도서를 기반으로 무에서 유를 창조하는 창조과학이다. 건설사업관리는 건설공사에서 기획·타당성 조사·분석·설계·조달·계약·시공관리·감리·평가·사후관리 등의 업무를 수행한다.

건설산업의 4차산업혁명을 위해, 건설관리 분야에서는 Lean Construction, IPD, Pre-Construction, CM 등 다양한 프로세스 관리방법론을 도입, 적용하는 노력을 하고 있으며, 건설IT 기술 선진화를 위해 2008년도부터 BIM/VDC의 개념이 도입되어 Tool 및 프로세스의 혁신을 가져오고 있다. 또한 국내의 기업 및 연구진은 건설분야에 다양한 건설기계 및 장비의 도입, 신규공법과의 조합, 3D 프린팅 및 재료분야의 연구개발 및 발전 등을 통해 기존 시공분야의 혁신을 불러일으키고 있다.

건설산업이 최종적으로 인력 기반 산업이라는 점을 고려하면, 이러한 연구개발 및 투자의 결과물은 결국 사람의 손에 의해 최종적으로 적용되어야 한다. 즉, 건설관리, 건설IT, 공법 등 모든 분야의 전문인력들의 기술과 역량에 따라 그 적용성 및 생산성이 좌우되며, 이와 같은 관점에서 보면 건설관리 및 시공분야 혁신을 위한 교육은 모든 분야의 연구개발을 종합하는 매우 중요한 행위라고 볼 수 있다.

건설 시공 및 건설관리의 전문인력을 양성하기 위하여 전세계적으로 다양한 건설관리 및 시공 관련 공학교육제도가 있다.

국내의 경우, 주요대학의 건축공학 및 토목공학 프로그램에서 건설 시공 및 건설관리 전문가를 양성하는 커리큘럼을 운영하고 있다. 건설분야의 선진국인 미국의 경우, 국내와 조금 다른 형태로 건설 교육이 이루어지고 있다. 건축 설계를 담당하는 “Architecture”, 건설 엔지니어링 교육을 담당하는 “Civil Engineering, Mechanical Engineering, Architectural Engineering”, 그리고 건설의 시공과 건설사업관리를 교육하는 “Construction Management, Building Construction, Construction Science” 등과 같은 특화되고 세분화된 대학들이 건설의 전문가를 교육하고 양성하는 것이 일반적이다.

본 기고문은 국내의 건설 시공 및 건설관리 전문인력 양성 교육사례의 한계점을 분석하고, 미국 건설 시공 및 건설관리의 교육제도를 벤치마킹하고자 한다. 이를 통해, 미래의 국내 건설산업환경과 4차산업혁명 시대의 흐름에 발맞추어 건설 분야, 특히 건설 시공 및 건설관리 교육 분야가 나아가야 할 방향을 제안하고자 한다.

2. 국내의 건설관리 및 시공 선진화를 위한 교육혁신 사례

국내의 경우, 건설사업관리를 위한 기본적인 이론교육은 주 요대학을 중심으로 대다수 커리큘럼을 운영하고 있다. 학부교육 커리큘럼의 경우 주요 수도권 및 건축분야 상위권 대학에서 CM의 세부과정, 즉, 사업비관리, 공정관리, 원가관리, 품질관리 등의 교육과정을 세분화하여 운영하고 있으며, 이외의 경우는 건설사업관리로 일원화하여 교육과정을 운영하고 있다.

4차산업혁명과 관련하여 건설산업 중 가장 큰 영향을 받는 분야가 바로 건설관리라고 할 수 있는데, 서론에서 기술한 바와 같이, 건설산업은 인력 중심의 프로젝트 생산방식으로 사업관리자의 프로젝트에 대한 관리 역량에 따라 그 생산성이 크게 좌우된다. 때문에 충분한 관리 역량을 가진 건설사업관리자 양성을 위하여 건설IT, BIM, VDC 등의 다양한 명칭으로 교육과정이 개설되고 있다. 이러한 교육과정은 상위교육기관인 대학 뿐만 아니라, 민간교육업체와, 건설IT 산업체, 사설교육기관을 중심으로도 산발적으로 이루어지고 있다. 아래의 표 1은 이러한 국내 건설IT(BIM) 교육과정 중 일부를 요약한 내용이다.

건설IT 이외에도, 건설산업의 4차산업혁명이라고 할 수 있는 스마트 컨스트럭션을 위하여 Lean, IPD 등 건설조달시스템 혁신, Off-site Construction, 모듈러 등을 통한

Industrial Construction 지향 등의 노력을 하고 있다. 이러한 스마트 컨스트럭션을 위한 노력은 현재 학계나 연구계보다는 대형 건설사를 중심으로 이루어지고 있다. 계룡, 한신공영 등의 국내 주요 건설사들은 LH가 발주한 CM at Risk 발주 프로젝트를 낙찰받아 수행중에 있으며, 포스코건설과 GS건설 등은 Pre-Construction, Lean, BIM등에 대한 전사적 차원의 노력을 하고 있다. 이러한 기업 자체의 노력에도 불구하고, 스마트 컨스트럭션의 성공을 위해서는 대학 및 기타 교육기관의 관련 교육 커리큘럼 운영을 통한 개개인의 역량 강화가 동행되어야 하며, 국가 차원의 지원을 통해 스마트 컨스트럭션의 건설산업 전반으로의 확대를 꾀할 수 있을 것이다.

표 1. 국내 건설IT(BIM) 관련 교육과정 사례

분야	기관	교육과정
대학	대학 A	BIM 기반 건설정보 관리
	대학 B	BIM과 PD
	대학 C	건설기술
공공	(재)한국플랜트건설연구원	기업 맞춤형 인력양성
	한국건설기술교육원	BIM 전문인력 양성
민간	한솔 아카데미	BIM 입문 과정
		BIM 관리자 과정
		BIM응용 자격증 (2급)

국내의 건설 선진화 교육의 한계점 극복의 일환으로, 2018년 9월, 교육부 주관으로 조기취업형 계약학과 선도대학 사업을 공고하였으며, 한양대학교 ERICA 캠퍼스, 한국산업기술대학교 등이 당선되어 2019년도 학과 개설을 목전에 두었다. 한양대학교 ERICA 캠퍼스는 건축 IT 융합전공을 학과에 개설하여 4차산업혁명시대를 위한 전문 역량을 갖춘 인재 배출을 목적으로 한다. 특히, 기존의 건축공학, 건축설계 등에 대한 기본교육과 동시에 건설IT 기술 및 건설사업관리 교육을 중점적으로 수행함으로써, 기업이 원하는 인재상에 조기에 도달하기 위한 교육과정을 개설하였다. 물론, 현재는 학과 개설을 위한 준비 시점으로, 2019년부터 향후 5년간 다양한 성과와 한계점 또한 여실히 드러날 것으로 예상되지만, 현재 시점에서의 이러한 시도를 통하여 국내 건설산업 선진화를 위한 큰 한 발자국을 내딛었다고 할 수 있다.

3. 미국의 건설산업 개혁을 위한 교육사례 분석

건설관리 및 건설 교육의 선진국인 미국은 “Construction” 과 관련된 교육을 건축 이외에도 다양한 학과에서 제공하고 있다. 엔지니어링 대학에서는 Civil, Electrical, & Mechanical Engineering에서 엔지니어링 전문가를 양성하고 있다. 설계는 설계를 전문적으로 교육하는 ‘Architecture’에서 설계전문가를 양성하고 있다. 건설관리 및 시공과 연관되어 미국은 ‘Construction Engineering Management (CEM)’ 및 ‘Construction Management (CM)’와 같이 두 개로 분리되어 건설관리 및 시공 전문가를 양성하고 있다. CEM 교육은 기본적으로 미국 주요대학의 Civil Engineering에 하나의 전공으로 분류되어 교육되고 있으며, ABET으로부터 인증을 받아 운영되고 있다. ABET으로 인증된 주요 대학의 CEM 프로그램은 Virginia Tech, Purdue University의 프로그램을 예로 볼 수 있다. 기본적인 커리큘럼의 구성은 ‘Construction Engineering’ 교과목 (Construction Practice Project, Reinforced Concrete Design, Construction Engineering, Geotechnical Engineering, Structural Analysis, etc.)과 교양교육이 약 80%를 차지하고 있으며, 경영과 관련된 교과목 (Construction Business Management, Introduction to Financial Management, Human Resource Management in Construction, Legal Aspect in Construction Engineering)이 약 20%를 차지하고 있다. 이러한 강의 커리큘럼 이외에도, 건설교육에서 현장교육의 중요성을 고려하여 방학 및 학기 중에 현장 인턴십을 필수교육으로 구성하여 학생들이 건설현장 및 건설프로세스를 정확하게 파악하도록 커리큘럼을 구성하고 있다.

엔지니어링 교육에 중점을 둔 CEM 프로그램과 차별화된 건설교육을 위하여, 다수의 대학에서 CM 프로그램 또한 운영하고 있다. 미국의 대표적인 CM 프로그램은 “Virginia Tech, Auburn University, Texas A&M, Colorado State University, Arizona State University”에서 진행하고 있다. 위의 CM 프로그램은 American Council for Construction Education (ACCE)으로부터 인증을 받아서 운영되고 있으며, 현재 약 70여 개의 미국 대학교 CM 프로그램이 인증을 받아 건설관리 전문가의 교육을 담당하고 있다. 미국 CM 학과에서 교육하는 주요 교과목으로는 응용역학, 측량, 재료, 토목시공/장비, 건축시공, 건설설비, BIM, 건설 도면 및 물량산출, 문서관리, 건축법, 마케팅, 심리학, 공정관리, 프로젝트 관리,

건설 안전, 건설경영, 현장 관리 등이다. CEM프로그램과 마찬가지로, 현장실습을 필수교과목으로 지정하여 모든 졸업생이 1-2번 이상의 현장실습을 경험하도록 권고하고 있다. 미국의 CM교육은 공학자를 양성하는 교육과는 다른 건설산업 및 현장에서 바로 전문가로 성장할 수 있도록 철저한 실무 위주 교육을 진행하고 있다. 이러한 이론 및 실무 교육 이외에도 건설산업에서 리더십, 팀워크 및 의사소통의 중요성을 인식하고, 학생들이 리더십, 의사소통, 협업능력을 향상할 수 있도록 교육을 진행하고 있다. 또한 건설현장 및 산업체에서 필요한 교육내용에 효과적으로 대응하기 위하여 산업계 자문회의 (Industry Advisory Board)을 1년에 두 번씩 개최하여 교육과정 변경, 산업체 연구, 교육의 질 향상과 연관되어 논의하고 발전방향을 계획하고 지속적으로 개선하여 발전하고 있다. 모든 건설회사는 학교를 방문하여 회사에 대하여 설명하는 특강 시간을 가지며, 인턴십 학생과 취업 등에 대한 인터뷰를 진행한다. 건설회사에서는 인턴십을 진행하면서 학생들이 업무를 대하는 태도, 역량, 의사소통 및 협업능력을 향상할 수 있도록 노력하고 있으며, 훌륭한 인재에 대하여 즉시 채용 또한 가능하다. 학교 내의 커리큘럼 이외에 추가적으로, 미국의 건설과 연관된 협회에서는 CM학과 대학생을 대상으로 한 다양한 경진대회를 운영하고 있다. NAHB에서는 Residential Development와 연관된 경진대회를 운영하고 있으며, AGC에서는 Design Build, Mixed Use, Commercial, Heavy Civil, Procurement, Integrated Project, Mechanical, Sustainability, Preconstruction, Project Management, Electrical, and Concrete Solutions 주제로 경진대회를 운영하고 있다. 또한 많은 CM학과에서는 General Construction 학위 및 Concentration Areas을 만들어 운영함으로써 CM 학생들의 관심도에 따라 BIM, Residential Construction, Mechanical과 같은 ‘Concentration’을 운영하고 있다.

미국의 CM 및 CEM 커리큘럼을 운영하는 많은 대학에서는 4차산업혁명과 연관된 건설기술의 교육을 위하여 다양한 교과목을 제공하고 있다. 가장 중요하게 생각되는 교과목은 건설 IT의 기초가 될 수 있는 BIM과 연관된 교과목이며, BIM을 활용한 견적, 공정관리 및 유지관리 분야까지 포괄적으로 교육하고 있다. 한 예로, Texas A&M University의 Construction Science 프로그램에서는 기존의 2D 도면 중심의 교육에서 벗어나 3차원 교육을 위하여 36개의 대형 모니터를 활용하여 “BIM CAVE”를 구축하여 교육하고 있다. BIM CAVE를 이용하여 학생들은 BIM 모델에 정보데이터를 입력

하고, 설계, 시공, 유지관리 등에 이를 활용할 수 있는 능력을 향상시킬 수 있다.

표 2. 미국 건설회사가 추구하는 미래 건설인력

핵심 역량	평균	표준편차	핵심 역량	평균	표준편차
Ethical Issues	4.52	0.720	Interdisciplinary Application	4.04	0.930
Problem Solving Skills	4.46	0.677	Practical Awareness	3.96	0.794
Interpersonal Skills	4.45	0.676	Technical Skills	3.80	0.884
Leadership	4.30	0.845	Computer Skills	3.77	0.957
Adaptability	4.29	0.709	Estimating/Scheduling Skills	3.68	0.947
Collaborative Skills	4.29	0.730	Communication	3.32	0.931
Safety Issues	4.09	0.935	Environmental Awareness	3.00	1.057

4. 결론 및 제언

본 저자가 미국에서 CM학과에서 교수로 재직할 때 진행했던 연구에 의하면, 미국의 건설회사가 추구하는 미래건설인력 (Table 2) 은 대학교육을 중심으로 하는 기존의 건설기술과 같은 전공교육도 중요하지만, 그들의 윤리성, 문제해결능력, 대인관계능력, 리더쉽 및 협업능력 등을 더 중요하게 여기는 결과를 보였다. 4차산업혁명시대 건설산업의 변화를 고려하고, 산업을 혁신할 미래 건설기술자 양성을 위한 국내의 대학교육이 나아가야 할 방향은 다음과 같다. 첫째, 건설의 기본인 건설사업관리, 견적, 계약, 안전 등과 같은 기본 교육에 충실한 건설관리 교육, 둘째, BIM, 건설IT, 3D 프린팅 등의 신기술과 건설의 연계를 위한 통합 교육, 셋째, 건설기술자의 기본 자질과 관련된 윤리 및 준법정신, 리더쉽, 의사소통 능력 향상을 위한 교육이 필요하다.

건설관련 기술의 혁신만으로는 건설산업의 혁신을 이끌어 내기는 어렵다. 기술의 혁신은 인간의 행동과 조직을 혁신시키며, 프로젝트에 참여하는 내·외부의 다양한 조직들은 상호간의 협업을 통해 프로세스를 혁신시키기 마련이다. 종국적으로 건설 프로젝트는 프로세스 혁신을 통해 더 나은 결과물, 즉, 비용, 품질, 공기 등을 혁신시킬 수 있다. 이러한 건설산업의 4차 산업혁명은 그 안에서 결국은 건설기술자 개개인의 역량이 가장 중요하다고 할 수 있으며, 적절한 교육을 통해 이를 달성할 수 있다. 대한민국의 건설산업 선진화를 위해서는 프로젝트를 이해하고 개선시키기 위한 새로운 교육 모델이 개발되어야 한다.