

Global Report

건설기술의 새로운 트렌드

1. 서 론
2. 건설산업의 트렌드
3. 결론

1. 서론

본 보고서를 위한 연구를 시작하면서 필자가 지난 40년간 건설 산업에 종사하며 경험한 변화들을 상기하여 보았다. 최대한 축약하더라도 다음과 같은 변화들이 있었다.

- 종이 도면에서 컴퓨터 전산도면 시스템(CAD)으로의 변화 그리고, 그 이후 BIM(Building Information Modeling)의 도입
- 수기 문서에서 타자기를 이용하여 편지를 쓰고, 이를 우체국 서비스를 이용하여 송부하던 것이 팩스로 변화하고 다시 이메일과 문자메시지, 트위터 및 기타 메시지 응용 소프트웨어(application)으로 변화
- 수기로 작성하는 화살표 다이어그램 네트워크(ADM)를 이용한 공정관리 스케줄표에서 프리마베라 P6, Ver 16.2 소프트웨어의 사용
- 대형 컴퓨터에서 “운반가능한 컴퓨터(Luggables)로, 그리고 랩탑 컴퓨터에서 휴대용 컴퓨터로의 변화
- 수기로 작성된 방대한 양의 프로젝트 기록물(Log)에서 대단히 정교한 프로젝트 관리 소프트웨어의 사용
- 급여지급, 부속서류(Addenda), 설계변경, 정보요청서(RFIs) 또는 설명요청서(Clarification RFC) 및 시공도면/제품문서 등의 방대한 문서들의 이용에서 프로젝트에 연관되는 모든 집단들이 연결된 온라인 시스템에서 상기 문서들에 대해 실시간으로 접근이 가능함

건설산업에서 또 다른 변화사항들은 다음과 같다.

- 건설도구, 장비, 건설재료 등에 대한 무선주파수 식별장치(RFID)의 적용
- 3차원 모델, 준공도면 작성시 광선레이더(LIDAR)의 사용
- 드론 또는 무인 항공기의 사용
- 지하 탐사를 위한 지표투과 레이더의 사용
- 삼차원 프린팅
- 4차원 공정관리(Scheduling)
- 보조카메라 및 펄스 레이더 물체 추적기 등과 같은 사물 식별장치
- 동공크기, 깜빡임 및 눈감은 상태의 지속시간 등을 측정하여 작업자의 피로상태를 파악하는 피로측정 기술
- 무선 주파수 식별장치, 감지기 및 생체모니터 등을 사용하기 쉽게 하는 스마트 부착착용 장비
- “Assist”프로그램을 이용한 “GRADE”와 같은 부지 정지 기술로 부지 정지 시간을 단축시키고, 굴착 재시공을 감소하며 적재보관 및 정지 상태 확인(grade checking) 비용의 감소

상기사항과 더불어 그 밖의 많은 건설산업과 연관된 기술적 변화들은 발주처, 설계자, 시공책임자, 시공회사 및 하도급업체들의 업무수행을 상당부분 변화시킬 가능성을 가지고 있다. 일단 이러한 기술적 변화들이 보다 광범위하게 산업계에 적용된다면 건설생산성은 증가하고, 건설비용은 감소하며, 현장 안전성은 획기적으로 개선될 것으로 확신한다.

2. 건설산업의 트렌드

1) 3D 프린팅

일명 적층제조법이라고 불리는 3D프린팅 기술은 디지털 프로그램 파일을 이용해서 3차원 고체형태의 물

체를 제조하는 건설공정이다.

3차원 프린팅으로 물체를 제조하는 방법은 특정 물체의 레이어(Layer)를 층층이 쌓아서 제조하게 된다. 이 재료의 각 층은 최종 생산물체의 수평방향의 얇은 단면이 된다.

비유적으로 예를 든다면, 3D 프린팅은 일정부분 적층목재와 비슷하여 접착집성재(gluarm)라고도 부른다. 이 3D 프린트로 어떤 형태의 물체도 제조가 가능하다. 이 제작 목적품은 원하는 사물의 가상 설계를 이용하여 제작된다. 이러한 가상설계는 3D 모델링 프로그램, 디지털 모델, 3D모델 또는 적층 작업파일(AMF)을 사용하는 CAD파일에 의해 생성된다. 3D 모델은 또한 3차원 모델을 생성하는 3D 스캐너를 이용하여 작성 이 가능한데, 이 스캐너에 의해 추출된 3D 모델은 3D 모델링 소프트웨어에서 작업을 수행한 후 원하는 3D 모델을 획득할 수 있다.

건설산업에서 3D 프린팅이 점점 일상화되게 되면 작업현장에서 생산성 향상 뿐 만 아니라, 기성제품 활용 증대 등으로 생산성 저하의 감소 및 클레임의 저하 등을 초래할 것이고, 재시공을 감소시켜 비용의 절감과 공기지연을 줄일 수 있게 될 것이다.

2) 4D BIM

4D BIM이라는 용어는 CAD 산업에서 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 용어는 개별 CAD 성과물 또는 일련의 성과물들을 시간 또는 정보와 연계된 스케줄(일정계획)과의 지능적 연결(Intelligent linking)을 말한다. 여기서 4D BIM이라는 용어는 4번째 차원, 즉 시간을 의미한다. 따라서 4D BIM은 3D BIM에 일정계획을 추가한 개념이다.

4D BIM 또는 4D 일정계획의 아이디어는 어느 정도는 타임머신과 비슷하다. 이 개념은 프로젝트 참여자가 모든 예정된 공사 행위와 공사들이 수행되기 전에 시각화하고, 이러한 설계내용을 포함한 공사계획을 실제 공사수행 이전에 시각적으로 볼 수 있다는 것은 감독자, 공사 책임자, 기술자들로 하여금 자신들이 무엇을 어떤 순서에 의해 만들고 있다는 것을 알도록 해주며, 또한 건설 계획에 대한 신뢰를 갖도록 한다. 더욱이, 공사가 진행되는 사항을 시각적으로 본다는 것은 공사참여자들로 하여금 문제를 사전에 예견하고 회피할 수 있도록 하는데, 예를 들어 협소한 장소에서 동시에 여러 가지 작업이 수행되어야 하는 불가능한 상황들 등의 문제점 발견, 이는 기존의 최상경로법(Critical Path Method, CPM)으로는 파악하기 대단히 어려운 상황이다. 필자의 전 상사 중 한 사람이 빈번하게 하던 말 중 하나는 “일찍 보고된 나쁜 소식은 대단히 효율적인 정보이지만, 늦게 보고된 나쁜 소식은 재앙이다.” 라는 말을 상기하면 좋을 것이다.

이와 같이 4D 공정계획의 맥락에서, 만일 시각적 공사모델을 이용하여 공사계획에서 상충되거나 위험요소(pinch point)등을 발견할 수 있고, 이러한 것들이 사업초기에 수행이 가능하다면 이러한 공사계획은 실제 공사수행 시 영향을 미치지 이전에 문제를 수정하여 회피할 수 있도록 조정할 수가 있다.



< 그림 증강현실 헬멧 >

3) 증강현실 (Augmented Reality)

증강현실(AR)은 실제 환경에 그래픽 또는 비디오 등과 같은 컴퓨터 생산물로 보강된 환경을 말한다. 증강현실의 기본개념은 사용자의 현실에 대한 인식(perception)을 강화시켜 주는 것이다. 이러한 증강현실은 새로운 것이 아니며, 수년간 군사, 산업, 의료, 상업 및 오락(entertainment)영역에서 적용되어 왔다.

현재 가장 흔하게 사용되고 있는 이러한 증강현실 분야는 아마도 비디오게임 분야일 것이다. 하지만 건설 산업에 있어서도 증강현실이 건설사업의 시각화에 도움이 되기 때문에 설계단계 및 계획수립에 보조적인 역할이 가능할 것이다.

컴퓨터로 생성된 구조물의 이미지는 구조물 설치위치에서 구조물이 건설되기 이전에 실제 경관에 중첩되게 하여 보는 것이 가능하다.

4) 완전자율 건설(Autonomous Construction)

오늘날 “완전 자율건설”이라는 용어는 일반적으로 최초 계획된 건설현장에서 건설기계들이 인간의 조작이나 개입이 없이 조향, 작업, 작동이 컴퓨터에 의해 수행되는 것을 말한다.

완전자율 건설에서는 건설장비 제조사와 건설시공사 등에 의해 다음과 같은 3가지 수준으로 구분되어 적용되고 있다.

자동화(Automation)단계 : 건설기계들의 작동이 완전히 독립적으로 수행된다. 예를 들어 불도저에 운전자가 탑승하지만, 불도저의 블레이드는 사전에 입력된 프로그램에 의해 작동된다.

반자동(Semi-autonomous) 단계 : 건설기계 및 모든 건설행위들은 인근 사무실 또는 근처 지역에서 원격으로 조정된다.

완전자율건설(Autonomous) 단계 : 건설장비들은 스스로 자율 작동하고, 이러한 장비들은 세밀하고 섬세한 기술로 인해 최소의 인력으로 안전한 작업수행이 가능하다.

현재 문헌을 살펴보면 아직까지 대부분의 건설현장에서 이러한 자율 건설장비를 전적으로 사용하는 것은 일반적이지 않다. 하지만 호주 서부지역의 철광산에서 완전자율 건설장비가 사용되고 있으며, 미국 와이오밍 주의 광산에서는 자율작동 불도저가 사용되고 있다. 이러한 자율 또는 반자율 건설장비를 건설현장에

서 사용하면 상당한 현장생산성과 현장 안전성의 향상을 불러온다.

5) BIM과 VDC

BIM과 “가상설계 및 시공(VDC)”은 건설산업에서 점차 일상화 되어가고 있는데, 평면적이고 덜 복잡한 사업보다는 고층이면서 복잡한 사업에 많이 적용되고 있다. BIM은 종이를 기반으로 하는 2D 도면과 같은 제품이나 최종결과물을 지칭하는 것이 아니고, 공정의 하나로 보아야 한다. 이 “건설 정보모델(BIM)”은 시설물의 물리적 및 기능적 특징을 디지털 형태로 구현하는 것이다.

“가상설계 및 시공(VDC)”은 설계와 시공을 포함한 건설사업에 대한 통합된 다중분야 성능모델에 대한 관리를 의미하는데, 여기에는 최종 생산품(시설물), 작업공정 및 설계 시공 및 운영조직이 포함된다.

6) 건설산업에서의 드론의 활용

건설산업에서 가장 빈번하게 눈에 띄게 언급되는 변화는 일반적으로 드론이라고 불리는 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle System, UAV)의 활용이다. 건설산업은 3D 지형자료를 도출할 수 있는 레이저 또는 적외선 등의 센서를 사용하여 데이터를 수집하고, 공중사진에 의한 다양한 편의성을 도출해 나가고 있다. 이를 이용해서 토공량을 계산하고 시설물점검을 위한 열전달 이미지를 도출하거나 BIM 모델을 위한 절점 데이터군(Point Clouds)을 확보한다.

현재 건설회사에서는 UAV를 이용하여 아래와 같은 작업을 수행하고 있다.

- 공사 진행사항 추적
- 자재운반 및 생산계획 수립
- 접근이 힘들거나 불가한 지역의 조사
- 안전 모니터링 및 지원
- 부지측량, 열화상 이미지, 레이저 스캔 및 기타 자료수집

현재 사용되는 드론들은 주로 RGB 카메라를 이용하고 있지만 소규모의 광선레이더(LIDAR)센서를 탑재하는 것도 가능하다. 대부분의 드론들은 지상에서 작업자가 라디오 장비를 이용하여 수동으로 조작하지만 일부 GPS 실시간 동적(Kinetic)기술을 적용한 드론들은 로봇 스테이션에서 조작이 가능하도록 제작된다.

7) 지형공간정보 기술

시설물을 설계할 경우 일반적으로 시설물의 위치는 실제 시설물이 위치하는 정확한 지점을 지정하여 설계하지 않고, 시설물 위치 주변의 적당한 기준점을 선정 후, 이 기준점과의 상대적인 거리를 이용하여 설계를 수행한다. 하지만 최근에는 건설기술 개발에 의해 BIM 및 3D 시각화 기술이 널리 사용됨에 따라 시설물의 정확한 위치정보를 확인할 필요성이 커지고 있다. 지형공간기술(Geospatial Technology)는 지구의 지표면 특징에 대한 해석, 측정 및 시각화에 사용되는 장치를 말한다. 여기에는 통상적으로 GPS(Global Positioning System), GIS(Geographical Information System), 및 RS(Remote Sensing)이 사용된다.

이러한 장치의 용도는 군사용 및 국가안보(Homeland security)에 광범위하게 적용되고 있는 바와 같이, 현재 많은 부문에서 활용되고 있는데, 토지이용, 홍수구역 매핑 및 환경보호 등과 같은 비교적 대중적 관심도가 낮은 분야에서도 활발히 적용되고 있다.

8) 라디오 주파수 식별기술 (RFID)

RFID기술은 새로운 것이 아니며, 건설산업에서 보다 광범위하게 효용성이 커지고 있는 기술이다. 이 RFID 기술은 건설현장의 다음과 같은 분야에서 그 가치를 나타내고 있다.

- 자재 및 화물 공급망 시각화
- 공사도구 추적관리
- 작업자 추적관리 및 시간관리
- 자재 관리
- 접근성 통제
- 자원 및 장치 추적관리
- 작업도구 추적관리
- 실시간 위치 시스템

이러한 적용법은 자재의 위치를 현장에서 용이하게 파악하고, 공사도구 및 장비들의 위치를 추적관리가 가능하게 되어 현장 생산성을 증대시킨다.

9) 현장 갈무리 기술(Reality Capture Technology)

이 현장 갈무리기술은 실제 현장의 3D 모델링을 다양한 기술적 도구들을 이용해 추출하는 기술을 말한다. 기존의 3D 모델링 기술은 속도가 느리고, 설계자 또는 예술가의 정확도에 따라 좌우되었다. 그러나 이 현장 갈무리기술은 광선레이더 등과 같은 기술을 사용하여 사물을 레이저로 스캔한 후, xyz좌표에 의한 측정치 데이터군을 획득하여 3차원 정보를 추출한다. 이러한 광선레이더 기술은 정밀도가 높긴 하지만, 대상 시설의 색정보는 추출하지 못한다. 사진계측(Photogrammetry)기술은 이러한 단점을 해소한 현장 갈무리기술로서, 사진을 이용하여 3차원 이미지를 재구성 하는 기술이다. 이러한 현장 갈무리기술은 공사현장 및 주변 환경에 대한 정보들을 보다 정확하게 모든 사업관계자들에게 제공한다. 이 기술은 공사분쟁 발생 시 건설현장 상황 및 건설관련 변화에 따른 소송을 줄여줄 수 있을 것으로 판단된다.

10) 로봇의 활용

건설산업에서 로봇기술은 최근까지 제조업이나 기타 다른 분야에서 일반적으로 사용되는 상황임에도 불구하고 검토 단계에 머물러 있다. 건설현장에서 로봇기술의 유용성은 인간의 불완전성(human imperfection)에 기인한 생산성 저하를 개선시키는데 적용된다.

- 철거로봇(Demolish Robots)
- 인쇄 및 지형모델 제작로봇(Printing and Contour Crafting Robots)
- 드론(UAVs)
- 조적 로봇(Bricklaying Robots)
- 용접로봇(Welding Robots)
- Exoskeleton : 인간의 신체능력을 강화시켜주는 기계장치 또는 부착장치, 사용자의 힘 또는 속도를 개선시키거나 장애가 있는 작업자가 작업이 가능하게 함
- 운반로봇(Forklift Robots)
- 포장 로봇(Roadwork Robots) : 도로 재포장 시 사용

- 인간형 로봇(Humanoid Robots) : 현재 구상단계이며 인간의 모든 활동을 대신 수행하는 것이 가능한 로봇

11) 현장 안전관리 강화

건설현장의 안전 및 사고방지 대책은 시공회사, 하도급회사, 발주처, 설계사 및 시공관리자들의 공통적인 관심사항이다. 시공회사들은 특히 이 사안에 대단히 민감한데, 그 이유는 관련법으로 인하여 법적인 책임이 부과되면 비용부담이 상당히 커지기 때문이다. 이러한 작업장에서의 안전사고 예방을 위한 기술 중, 다음과 같은 2가지 새로운 기술이 소개되고 있다.

- Spot-R 기술

작업자의 벨트에 부착되는 소형의 감지장치를 이용하여 자동으로 작업현장의 안전관련 사항을 제어한다. 이 감지장치는 무선시스템과 결합되어 작업자의 움직임을 추적하고, 이들의 행동이력(history)을 측정한다. 이 감지기에는 가속도계, 자이로스코프 및 고도계가 부착되어 작업자가 현재 어디서 어떤 작업을 하는지, 떨어지거나 넘어졌는지 등을 파악이 가능하다. 이 감지기는 실시간으로 작업자의 위험상황이나 부상여부를 실시간으로 알려준다.

- 침입감지 시스템(Intrusion Detection System)

현재 철도 침입감지 시스템은 미 서부해안 대형 수송네트워크에 적용되어 있다. 이 시스템은 경사센서와 적외선 카메라를 경계 펜스에 부착하여 위험구역에 대한 침범여부를 감지한다. 이 시스템은 철도공사 종사자들의 안전을 위해 도입되었으며, 다른 교통 건설현장에 도입이 가능하다.

12) 소프트웨어의 개발

매우 다양한 소프트웨어 들이 개발되어 현재 다음과 같은 여러 가지 사업관리 분야에서 사업추진에 도움을 제공하고 있다.

- 사업관리 (Project Management) 소프트웨어
- 하자관리 (Deficiency Management)
- 장치운용 및 관리 (Equipment Operation and Management)
- 온라인 분쟁중재 서비스 (Online Conflict Resolution Service)

13) 부착 착용기술(Wearable technology)

부착착용기술은 현재 우리의 일상생활에서 대단히 일반적인 사항이 되었는데, 건강정보 전달장치(fitness tracker), 부착착용 카메라(wearable Camera), 스마트시계, 심박모니터(heartrate monitor), GPS 추적장치, 인이어 수면헤드폰, 스마트 가상 어시스턴스 등이 많이 사용되고 있다. 이러한 부착착용 기술들이 건설현장에서 적용되기 시작하고 있는데 대표적인 기술들은 다음과 같다.

- 증강현실 작업용 안경(Augmented Wearable Glasses)
- 가상현실 헤드셋 (Virtual Reality Headset)
- 마이크로 소프트사의 홀로렌즈 (Hololens)
- 증강현실 스마트 작업모자(Daqri Smart Helmet)
- 스마트 시계 및 건강정보 전달장치(Smart watches and Health trackers)
- 안전조끼(Safety Vests)

- 작업환경 검측기(Pulse Oximeter)
- 안전부착 배지(Wearable Safety Badges)

[참고 : 본문 P19-P22 표 참조]

- 회사규모 별 기술도입 비율
- 지역 별 기술도입 비율
- 사업주체(건설사, 오너) 별 기술도입 비율
- 산업 별 기술도입 비율
- 회사 종류별 기술도입 비율
- 임직원 수 별 기술도입 비율
- 매출 별 기술도입 비율

3. 결론

건설산업에 대한 기본적인 인식은 낮은 생산성, 숙련된 기술자의 부족, 사업 참여자들 간의 투명한 의사소통 부족, 참여자들 간의 분쟁 등으로 생산성 감소 및 사업지연을 초래한다고 여겨져 왔다. 건설산업이 이렇게 기술개발이 더딘 원인 중 가장 중요한 요인은 다음의 두 가지 사항으로 여겨진다.

첫 번째 요인은 산업계 전반적인 변화에 대한 저항이라고 할 수 있다. 하지만 기술이 발전되고 이러한 기술이 많이 적용되면, 시공회사와 공사 관리자들이 이러한 신기술을 사용할 수 있는 젊은 기술자들을 지속적으로 고용하게 되고, 향후 이들이 조직에서 사업관리자 이상으로 올라가게 되는 시점에서는 이러한 신기술을 경쟁적으로 적용하게 될 것임에 따라 변화에 대한 저항은 점차 사라질 것이다.

두 번째 요인은 새로운 기술을 적용하기 위한 비용문제이다. 건설산업에 대해 조금이라도 경험이 있는 사람들은 이 산업이 대단히 높은 위험성을 가지고 있으면서도 대단히 작은 이윤을 취하는 산업인 것을 잘 알고 있을 것이다. 하지만 이러한 새로운 기술 개발이 진척됨에 따라 이러한 기술적용에 따르는 비용은 저감될 것이다. 건설산업계에서는 보다 많은 회사들이 신기술을 적용할수록 각 회사들이 부담하는 비용은 절감될 것으로 확신하고 있는 것으로 파악하고 있다.