
3D 프린팅이 건설 산업을 개조할 것인가?

이보라 대한건설정책연구원 미국 주재 객원연구원(bora@ricon.re.kr)

The University of North Carolina at Charlotte 소속

1. 소개

건설업계의 3D 프린팅 채택은 헤드라인을 장식하고 있다. 이코노미스트는 2017년 6월 "3D 프린팅과 영리한 컴퓨터가 건설에 혁명을 일으킬 수 있다"고 발표했고, 그 해 초 CNN 웹사이트는 "세계의 차세대 메가시티가 3D 프린터에서 나올 것인가?"라는 질문을 제기했다. 헤드라인에서 알 수 있듯이 미디어의 관심은 현재의 성취 기록보다 기술의 잠재력에 훨씬 더 큰 영향을 미쳤다. 그러나 아직 기술은 거기까지는 도달하지 못했다.

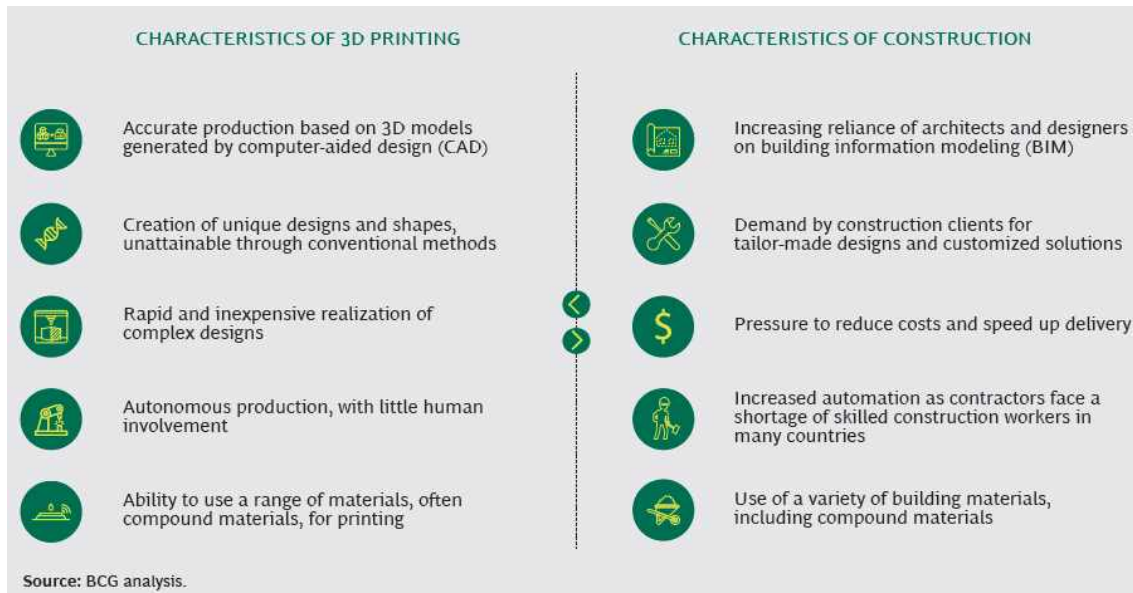
건설 산업은 전통적으로 매우 보수적이다. 혁신이 느리고 생산성 향상에 성공하지 못했다. 그러나 최근 많은 기업들이 특히 디지털 기술을 활용하여 혁신을 시작했다. 지금까지의 혁신은 실제 건설 단계보다는 설계 및 엔지니어링, 운영 및 유지 관리 등 초기 및 후기 단계에서 주로 발생했다. 그러나 그 단계 역시 곧 급격한 변화를 보게 될 것이다. BIM(Building Information Modeling) 및 기타 협업 도구 덕분에 이루기 힘든 생산성 향상이 마침내 이루어지고, 건설 현장은 벽돌 쌓기 및 타일 깔기 로봇과 같은 디지털 제작 기술에 의해 극적으로 현대화될 것이다. 목재의 자동 절단, 밀링 및 조립; 디지털화된 공급망; 자동화된 사전 제작 그리고 3D 프린팅도 마찬가지이다.

결국 3D 프린팅은 제조 공정에서 공통 또는 표준 기능이 될 것이다. 일정과 세부 사항은 아직 불확실한 수준이다. 거의 10년 동안 연구원들은 건설 분야에서 3D 프린팅 또는 적층 제조 기술을 조사하고 개선해 왔다. 여러 전문업체들이 등장했고, 건설업체 뿐만 아니라 건축자재업체까지 진출한 대형 기성업체들이 본격 투자에 나섰다. 강한 기대감을 보이고 있지만 다음과 같은 몇 가지 문제를 먼저 해결해야 한다. 시장이 실제로 얼마나 준비되어 있는지; 업계가 3D 프린팅이 대표하는 창의적 파괴력에 저항하기보다는 수용할 준비가 되어 있는지, 기술 자체가 얼마나 준비되어 있는지; 기업이 기술을 가장 잘 활용하고 적응해야 하는 방법 등 이다.

2. 건축을 위한 자연적 적합성

이러한 까다로운 질문을 다루기 전에 건설 분야의 3D 프린팅이 무엇을 포함하는지 자세히 살펴볼 가치가 있다.

3D 프린팅이라는 용어는 일반적으로 컴퓨터로 제어되는 자동화된 기계에 의해 물리적 개체를 레이어별로 생산하는 것을 의미한다. 가장 자주 디지털 3D 모델에 의해 안내되는 이 기계는 금속 또는 분말 고체를 녹이거나 액체 또는 반액체 재료를 배출한다. 이 기술은 외과용 임플란트에서 자동차용 예비 부품, 항공우주 프로젝트를 위한 경량 구조물에 이르기까지 광범위한 응용 분야를 제공한다. 이러한 다양성은 세 가지 주요 요인에 기인한다. 적합한 재료의 다양성(특히 폴리머, 금속, 세라믹, 모르타르 또는 콘크리트); 거의 무한한 디자인의 자유; 복잡한 모양을 온사이트 또는 오프사이트에서 유연하고 저렴하게 제작할 수 있는 능력. 이러한 특성에 자동화 및 자율 생산의 힘을 추가하면 건설 산업과 거의 완벽하게 일치하는 것이다. (자료 1 참조)

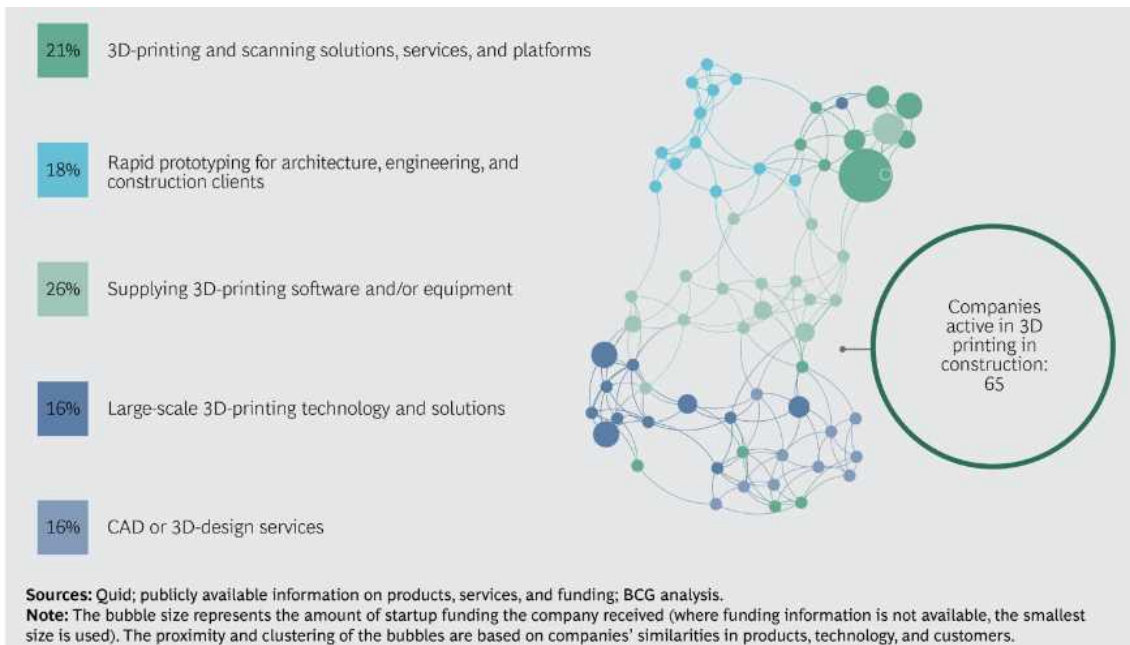


자료 1 3D 프린팅은 건축과 자연스럽게 어울린다.

몇 가지 유사점을 고려할 때, 건설 프로젝트에는 종종 맞춤형 설계가 필요하다. 그들은 현장에서 경화되는 액체 또는 유연한 재료(종종 복합 재료)를 포함한다. 그들은 지연, 과잉 지출 및 숙련 노동력 부족을 피하기 위해 자동화에 점점 더 의존하고 있다(최소한 선진국에서는). 건설 회사의 경우 클라이언트, 납세자 및 정부 모두의 압력이 증가하고 있는 상황에서 건물 또는 구성 요소를 연중무휴 24시간 자동으로 인쇄할 수 있는 기회는 매우 환영할만한 전망이다.

이러한 배경에서 건설 업계의 3D 프린팅 채택은 확실히 가속화되고 있다. 이러한 상승의 이유는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 기술의 발전: 건설에서 3D 인쇄를 위한 장비와 재료는 지속적으로 개선되고 있으며 비용은 하락하고 있다. 예를 들어 로봇 공학을 보다 교묘하게 활용하거나 복합 재료에 더 잘 적응하는 새로운 유형의 프린터를 사용할 수 있게 되고 있으며 새로운 애플리케이션을 가능하게 하고 있다. MIT, ETH Zurich, TU Delft 또는 Loughborough University와 같은 주요 연구 기관이나 스타트업에서 새로운 장치나 기술을 시연하지 않고는 한 달 이상 지속할 수 없다.
- 신규 진입자: 최근 건설업에서 3D 프린팅에 적극적인 기업이 급증하고 있다. 2013년 초에는 이 분야에서 20개의 스타트업이 거의 없었다. 오늘날에는 건축가 및 엔지니어를 위한 프로토타이핑 솔루션, 소프트웨어 및 설계 도구, 대형 구조 부품 또는 건물 전체와 같은 서비스를 제공하는 약 65개의 기업이 있다. (자료 2 참조)



자료 2 건축분야의 스타트업 기업의 3D 프린터 서비스 사용 범위

건설 분야에서 3D 프린팅에 전념하는 가장 유명한 회사 중 하나는 중국 회사 Winsun 이다. Winsun은 2014년에 10개의 완전한 집을 인쇄하여 세계적인 주목을 끌었다. 그 이후로 여러 개의 시제품 건축물을 개발하고 두바이 퓨처 파운데이션의 세련된 오피스 빌딩을 인쇄하는 등 대담한 프로젝트를 수행했다. 2003년에 설립된 Winsun은 첨단 건축자재 개발자로 시작했으며 현재 중국에서 125개 이상의 특허를 보유하고 있다. 그럼에도 불구하고 이 분야에서 가장 혁신적인 많은 회사들은 진정한 스타트업들이다: 네덜란드의 스타트업 MX3D는 로봇틱스와 디자인 전문 지식을 사용하여 금속 보행자 다리를 인쇄하는 방법을 개발해왔다. 캘리포니아 신생 기업인 Apis Cor는 러시아 회사인 PIK와 협력하여 겨우 10,000달러에 24시간 만에

온전한 콘크리트 주택을 현장에서 완전히 출력했다. 이는 기존 건설 방법에 비해 70% 절감된 금액이다. 테네시주의 신생 기업인 Branch Technology는 폼이나 시멘트로 채워질 수 있는 자유형 폴리머 매트릭스를 인쇄하는 프로세스를 개발했다.

- 기존 건설사들의 전략적 움직임: 대형 건설사들은 그들이 좋은 싫든 간에 새로운 현실에 적응해야 할 것이고, 몇몇 건설회사들은 새로운 기술의 열리 어답터가 되기 위한 전략적 결정을 내렸다. 2017년 2월 프랑스의 대표적인 건설회사 빈치가 콘크리트 구조요소 인쇄를 전문으로 하는 프랑스 스타트업 XtreeE의 지분을 사들였다. 또 다른 프랑스 건설 대기업인 Bouygues는 Batiprint 3D 공정 개발을 도왔던 Nantes 대학 팀과 협력하고 있으며, 낭트에서 소셜 하우스를 인쇄하기 시작하고 있다. 다국적 하청업체인 AECOM은 Winsun과 3년 계약을 체결하여 건설 분야의 3D 프린팅에 대한 고객 업무를 공동으로 강화했다.

몇몇 건축 자재 공급 업체들도 이 기술에 참여하기 시작했다. 시멘트 제조업체인 Lafarge Holcim은 Vinci와 마찬가지로 XtreeE와 협력하여 3D 프린팅에 적합한 다양한 실험용 콘크리트 혼합물을 개발했다. 또한 오스트리아의 폼워크 전문가인 Doka Ventures는 건설 산업을 위한 갠트리 스타일의 3D 프린터 생산업체인 미국에 기반을 둔 스타트업 Contour Crafting의 지분 30%를 인수했다.

- 정치적 압박: 규제, 보조금 및 기타 공공 정책 조치는 세계 많은 지역에서 건설에 3D 프린팅의 채택을 장려하고 있다. 중동에서 UAE는 2030년까지 신규 건물의 25%를 인쇄하는 것을 목표로 하고 있으며, 사우디아라비아는 주택 적자를 줄이기 위해 3D 인쇄를 사용하고자 하는 것으로 보인다. 다른 곳에서 영국은 적층 제조를 위한 국가 전략을 개발했는데, 이 기술은 건설에서만 2025년까지 연간 GDP에 10억 달러 이상 기여하고 15,000개의 일자리를 창출할 수 있을 것으로 추정한다. 미국 국방부는 전 세계 군인들을 위해 현지 재료를 사용하여 군 막사를 출력하는 아이디어를 연구하고 있다.

이 네 가지 요인에 자극을 받아 건설 분야의 3D 프린팅은 계속해서 이 분야에 대한 참여를 늘릴 것이다. 기술의 다양한 형태와 적용은 이미 잘 정의되고 분류되어 있다.

3. 작동 상태

전망은 매우 밝지만 현재로서는 3D 프린팅 건축이 여전히 틈새시장임이 분명하다. 지금까지의 출력은 대부분 상대적으로 소규모 및 소량이었다. 2018년 초 현재 전 세계적으로 40개 미만의 대규모 시연 프로젝트 및 프로토타입이 완전히 실현되었으며 모든 출력의 총 가치는 1억 달러 미만으로 추정된다.

그러나 장비, 재료 및 프로세스의 추가 혁신으로 인해 기술적인 한계는 확실히 완화될 것이다. 머지않아 3D 프린팅은 기존의 현장 건설 및 조립식과 경쟁하기 시작할 것이며 더 많은 양을 생산하고 더 큰 규모의 구조물을 만들고 일상적인 물체와 더 전문화되고 복잡한 물체를 제작하는 데 활용될 것이다.

3D 프린팅의 선두 업체들은 이 기술이 건설 분야에 혜택을 주고 있거나 혜택을 줄 수 있는 여러 가지 방법을 확인했다.

- 디자인의 자유: 비표준 모양과 관련된 비용을 줄임으로써 3D 프린팅은 건축가와 디자이너에게 자유를 부여한다. 이 기술은 복잡한 설계를 기존 건축업자의 능력을 넘어서는 실제 구조로 바꿀 수 있게 한다. 새 슬로건처럼 "만들 수 없으면 인쇄하십시오."
- 자율 건설: 많은 고소득 국가의 건설 산업에 영향을 미치는 기술 부족은 곧 관련성이 줄어들 수 있다. 자율 또는 반자동 3D 프린터는 최소한의 인간 감시가 필요하다. 또한 이러한 프린터 중 일부는 크레인과 같은 기존 건설 기계보다 가볍고 이동성이 좋으며 사전 제작이 불가능한 위험 지역이나 원격 사이트에서 사용할 수 있다. 높은 가격에도 불구하고 그 효과는 일반적으로 전통적인 건설 프로젝트 비용의 20%에서 25%를 차지하는 전체 장비 비용을 줄이는 것이다.
- 예측 가능성 및 전달 속도: 3D 프린터는 연중무휴로 작동하고 현장 결함과 지연을 줄임으로써 건설 시간을 크게 단축할 수 있다. 예를 들어 건축 자재의 납품은 줄어들고 다양한 거래 간의 복잡한 상호 작용도 줄어들 것이다.
- 지속 가능성: 3D 프린팅은 건설 부문이 환경에 미치는 유해한 영향을 줄일 것이다. 처음에는 공급 원료의 상당 부분(일부 전문가에 따르면 최대 50%)을 재활용할 수 있다. 또한 3D 프린팅을 통해 계약자는 처음부터 더 적은 재료를 사용할 수 있다. 단열 및 차광과 같은 기능을 위해 돌출부 및 접힘과 같은 복잡한 모양을 생성함으로써 추가 재료 또는 별도의 구조 단위가 필요하지 않는다. 대부분의 경우 양식이 기능을 활성화한다.
- 특수 속성: 예를 들어 원뿔형, 중공형 또는 벌집형 구조의 사용을 통해 "토폴로지 최적화"에 대한 속달 덕분에 3D 프린팅은 제품에 무게를 추가하지 않고도 인장 강도 증가 또는 단열 강화와 같은 특수 특성을 부여할 수 있다. 즉, 형태는 기능을 가능하게 한다.

3D 프린팅이 규모에 맞게 적용될 때에만 모든 이점이 실현될 것이다. 그 시간은 미래에 있다. 정확히 얼마나 멀리 있느냐는 다양한 장애물을 극복하는 속도에 달려 있다. 주요 이슈는 다음과 같다.

- 프린터 기술 및 경제: 주요 현장 콘크리트 프린터의 가격은 50만 달러에서 200만 달러로 가격은 보다 하락해야 한다. 높이가 10미터(33피트) 미만이고 처리량이

시간당 250킬로그램(550파운드) 미만이므로 상당히 작은 건물을 인쇄하는 데 제한된다. 다층 사무실 블록이나 넓은 면적의 쇼핑몰과 같은 대규모 건물의 경우 훨씬 더 야심찬 기계가 필요하다. 일부 신생 기업은 인쇄 노즐이 장착된 이동식 다층 산업용 로봇을 배포하는 다른 접근 방식을 실험하여 이러한 비용 및 규모 문제를 해결하고 있다. 이런 종류의 중고 로봇은 5만 달러 이하일 수 있다.

- 인쇄 공정 및 재료: 일반적인 건설 현장의 변덕스러운 날씨로 인해 자재의 냉각이나 경화를 정확하게 제어하여 구조적 안정성을 보장하기가 쉽지 않다. 자동 조정은 어려운 것으로 판명되었으며 인라인 품질 관리는 아직 완벽하지 않다. 복합 재료의 인쇄와 관련된 더 복잡한 출력은 예를 들어 철근 콘크리트 벽이나 인쇄된 배관 및 배선이 내부에 있는 벽과 같이 마스터하기 어려운 것으로 판명되었다. 인쇄된 구조의 마무리 및 해상도는 추가 과제를 나타낸다. 여기에서 가장 유망한 솔루션은 표면 밀링과 같은 전통적인 감산 공정으로 적층 공정을 보완하는 것이다.
- 디자인 및 엔지니어링: 대부분의 건축가와 디자이너는 아직 새로운 창의적 자유를 활용하지 못하고 있으며 많은 사람들이 그렇게 하는 데 거의 관심을 보이지 않는다. 여전히 전통에 얽매어 있는 건설 산업은 3차원 적층 제조를 위한 매우 비전통적인 설계 개념에 쉽게 적응하지 못할 것이다. 건축가와 디자이너가 흥미롭고 혁신적인 디자인을 만들어낸다고 해도 그것이 끝이 아니다. 청사진은 실현된 구조로 변환되어야 하며, 많은 건설 엔지니어가 여전히 완료하기 위해 고심하는 작업이다. 그러나 전문 교육이 현대화되고 새로운 세대의 전문가가 그 자리를 차지함에 따라 전통은 힘을 잃어야 한다.
- 규정, 조달 규칙 및 클라이언트 회의론: 건설 분야에서 3D 프린팅을 채택하는 것은 관료적 요인, 즉 건축 법규에 느린 통합, 성능 기반 표준이 아닌 임의의 규범적 표준 부과, 규정의 광범위한 지역적 차이 등으로 인해 방해 받았다. (많은 지역에서 건축법은 3D 인쇄된 건축 기술, 자재 및 테스트에 대한 조항을 전혀 제공하지 않는다.) 한편, 많은 잠재 고객과 세입자는 3D 인쇄된 건물의 안전성과 내구성에 대한 정보가 부족하거나 확신이 없다.

그 장애물들은 좌절감을 주지만 극복할 수 없는 것은 아니다. 3D 인쇄 금형, 건축 모델 및 일부 건물 구성 요소와 같은 일부 애플리케이션은 이미 잘 개발되었으며 상업적으로도 사용할 수 있다. 그러나 품질, 속도 및 비용 측면에서 추가적인 개선이 필요하다. Scanska의 혁신 및 비즈니스 개선 담당 이사인 Sam Stacey는 "3D 프린팅 콘크리트 외관을 원하는 고객이 있다면 지금 할 수 있지만, 그 고객에게 상당한 비용이 들 것이다."라고 현재 상황을 요약한다.

건축에서 3D 프린팅으로 인쇄할 수 있는 비즈니스 케이스가 만들어질 수 있다. 그림 3은 3D 프린팅과 기존 구조를 비교하여 새로운 기술이 가져올 수 있는 전반적인 이점(장애물을 극복한 후)을 보여준다. 주로 자재 및 현장 노동력의 감소로 인해 상당한 비용 절감 효과가 있어야 한다. 중요한 2차 요인은 지연의 감소, 사고 위험의 감소, 그리고 환경 영향의 감소이다.

		3D-printed vs. conventional construction	
Costs	Labor	Significantly lower	Overall savings as 3D design becomes easier and as onsite workforce is reduced
	• Architects, designers, engineers	Slightly higher	Need for training to adapt to the new technology, methods, and possibilities
	• Installation	Significantly lower	Printers' ability to work autonomously, so less supervision is needed, but initial training is required
	Equipment	Equal	High cost of 3D printers currently, but reduced need for heavy construction machinery
	Materials	Significantly lower	Expensive specialty concrete mixes and materials, but fewer materials are needed and far less waste is generated
	Logistics	Equal	Need for transporting printer to the site, offset by reduced use of other machines
Non-cost factors	Delivery	Significantly lower	Printers' ability to operate 24/7; avoidance of delays related to deliveries and coordination
	Environmental impact	Significantly lower	Avoidance of waste and reduced need for materials
	Project risk	Significantly lower	Technology risks (e.g., interruptions) but fewer hitches related to workforce, delivery, and coordination
	Accidents and safety hazards	Significantly lower	Fewer accidents, thanks to autonomous construction process with little human involvement
	Quality issues	Significantly lower	Increased accuracy of 3D-printed construction and enhanced appearance as the technology progresses

Significantly lower
 Slightly lower
 Equal
 Slightly higher

Sources: Expert interviews; BCG analysis.
Note: The comparison assumes that 3D-printing technology has reached maturity and is included in building codes and regulations; accordingly, approval and testing costs are not included.

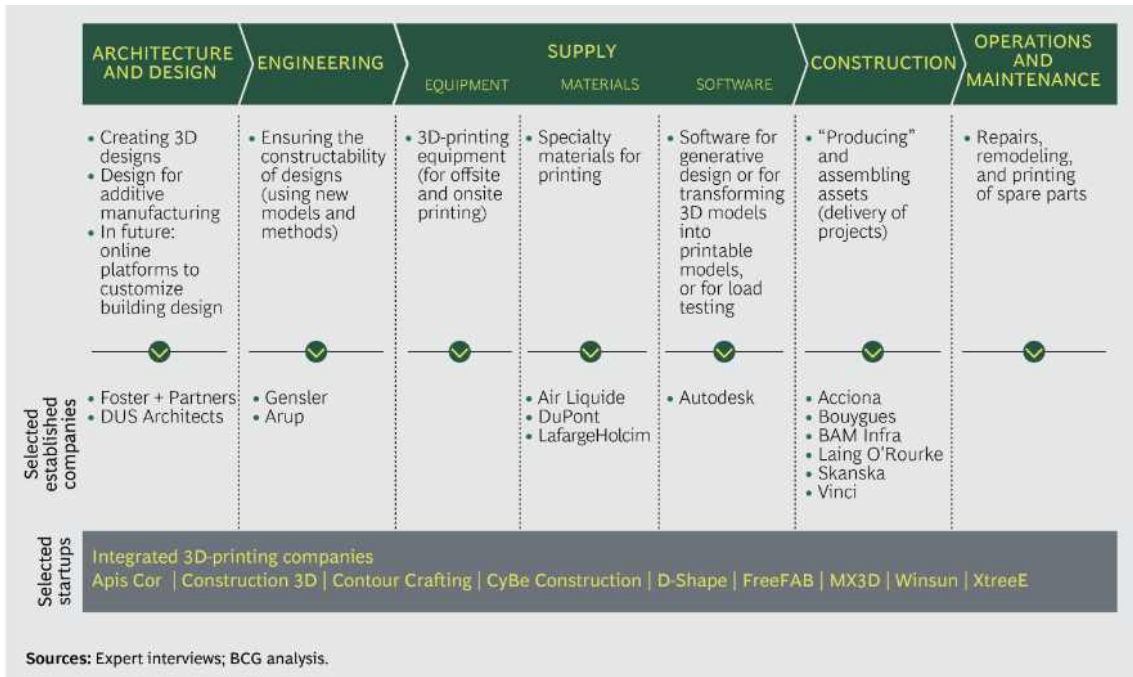
자료 3 건축분야의 3D 프린팅의 장점

시장 부문과 관련하여, 지금까지의 주요 애플리케이션은 주거 및 상업용 소규모 수직 건설이다. 3D 프린팅은 특히 모험적인 건축가들이 제안한 비표준적인 모양과 구성 요소에 적합하다. 더 큰 규모의 상업용 건물은 곧 따라잡아 수요를 증가시키고 비용을 줄일 수 있다. 러프버러 대학의 리처드 버스웰은, 대부분의 전문가들이 공유하는 낙관론을 나타내며, 5년에서 10년 안에 많은 3D-건설-인쇄 사업이 성공할 수 있을 것이라고 믿는다.

가장 저항이 강한 부문은 인프라와 산업 건설로, 많은 표준화된 구성 요소를 사용하고 구조적인 보강이 필요하다. 이 두 가지 요소는 기존의 프리캐스팅이 3D 프린팅보다 저렴한 비용으로 해결할 수 있는 것이다. 그러나 3D 프린팅은 조만간 필요한 기술적 발전을 이루게 될 것이다. 기술에 대한 투자가 계속 증가 추세를 지속한다면 말이다.

4. 다가오는 가치 사슬의 진화

오늘날 건설 분야에서 3D 프린팅과 관련된 수많은 회사를 연구하면 흥미로운 패턴을 발견할 수 있다. 자료 4에서 알 수 있듯이 놀랍게도 많은 수가 가치 사슬의 구축 단계에서 활동하고 있으며 그들 중 다수는 자체 공급한 장비, 자재 및 소프트웨어를 사용하고 있다.



자료 4 3D 프린팅 협업을 통한 건설과정의 장점

한 가지 가능한 설명은 3D 프린팅과 관련된 장비 공급업체가 기존 계약자 중에서 고객을 찾을 수 없기 때문에 건설 프로젝트에 손을 대는 데 몰두한다는 것이다. 많은 계약업체는 여전히 3D 프린팅에 전념하기에는 너무 보수적이다. 다른 사람들은 보안 문제가 있거나 자체 3D 소프트웨어를 개선하거나 사내 로봇 공학 기술을 개발하느라 바쁘기 때문에 보류할 수 있다. 그러면 가까운 시일 내에 통합 솔루션을 향한 경향이 있을 것이다. 더 과감한 회사는 엔지니어링(심지어 설계까지)을 수행하고, 장비와 소프트웨어(심지어 재료까지)를 공급하고, 다른 곳에서 실제 건설을 수행할 수 있다. 즉, 사내 리소스를 사용하여 전체 턴키 프로젝트를 제공할 수 있다.

그러나 장기적으로 기술과 시장이 성숙함에 따라 3D 프린팅은 전문 하도급업체에서 계약자가 필요에 따라 액세스할 수 있는 prefab과 같은 건설 기법의 지위에 오를 수 있다. 또는 하청업체가 장비 공급업체로부터 임대 또는 임대할 수 있는 특수 장비에 중점을 둘 수 있다. 이 시나리오에서는 기술 회사가 복잡한 3D 인쇄 구조물을 주문 제작하는 데 집중하거나 장비 및 숙련된 작업팀을 계약업체에 고용하거나, 스튜디오는 생성 설계 또는 3D 모델링을 전문으로 하고, 소프트웨어 회사는 디자인 자동화 전문으로 하는 회사가 등장한다. 설계 자동화를 전문으로 하는 소프트웨어 회사가 등장할 것이다.

5. 이해 관계자를 위한 전략적 의미

이러한 진화가 진행됨에 따라 건설 산업 전체가 변화하게 될 것이다. 기업과 정부는 이러한 변화에 대비하고 가능한 한 자신에게 유리한 방향으로 영향을 미치기 위해 최선을 다할 것이다.

- 건축 자재 공급업체: 일부 시멘트 제조업체는 3D 인쇄를 위한 특수 혼합물을 개발했다. 그러나 이와 동시에 많은 3D 프린팅 스타트업들이 Portland 시멘트 또는 기타 표준 재료를 기반으로 자체적인 혼합물을 개발하고 있다. 그래서 부가가치 제품을 팔기 위한 경쟁이 치열해지고 있다. 기존 중진기업들이 신규 진입자보다 앞서려면 여러 면에서 조치를 취해야 할 것이다. 그들은 그들의 제형을 계속 향상시켜야 한다. 그들은 또한 3D 프린팅 회사를 고객으로 유치하기 위해 지역 네트워크를 활용해야 한다. 그리고 대체 또는 상품화의 위험을 줄이기 위해 장비 공급업체 및 하도급업체와 협력할 수 있는 방법을 찾아야 한다.

예를 들어, 단열재, 건식 벽 제품 또는 코팅을 제공하는 경량 건축 자재 회사의 경우 3D 인쇄는 수요를 감소시키기 때문에 더욱 심각한 문제를 야기한다. 더 이상 그렇게 많은 다른 재료들이 필요하지 않을 것이다. 그리고 방음이나 단열과 같은 특수 기능이 인쇄물에 직접 통합될 것이다. 또한 새로운 첨가 및 감산 기법이 인쇄물의 해상도를 향상시키므로 마감 작업의 필요성도 감소한다.

- 도급업체: 현재 건설업자들 사이의 회의적인 시각은 지속될 것 같지 않다. 예를 들어, Skanska, Laing O'Rourke, Vinci 및 Buygues와 같은 빅 리그 계약업체들이 특히 주택 건설 프로젝트에 3D 인쇄를 도입하는 방법을 볼 수 있다. 진보적인 회사들은 로봇 공학, 프로그래밍, 디자인, 재료 과학에서 전문화된 기술과 능력을 습득하기 시작하고 있다. 다른 기업들은 관련 장비를 구입하거나 임대하거나 3D 프린팅 서비스를 하도급할 것이다. 다른 이들은 컨소시엄의 연구 기관 또는 전문 기업과 공식적으로 협력하고자 할 수 있다.

건설업자가 프리패브 및 고전적인 현장 시공과 함께 3D 인쇄를 툴킷에 통합하면 주어진 프로젝트에 가장 적합한 기술 조합을 선택하고 복잡한 설계가 포함된 고급 상업 프로젝트에 입찰할 수 있다. 건설 작업 자체는 전통적인 기술로 제한될 경우보다 더 빠르고, 비용이 적게 들며, 재작업하기 쉽다. 인프라 및 대규모 산업 프로젝트의 경우, 계약자들은 더 많은 인내심을 필요로 할 것이다. 앞서 언급한 바와 같이, 3D 프린팅은 가격이나 품질(구조 강도)에서 프리패브 및 주조와 경쟁할 수 없다. 그러나 복잡한 배관 및 하수 시스템과 같은 일부 작업의 경우 3D 인쇄는 거의 프로젝트 준비가 되어 있다.

- 규제 기관 및 소유자: 정부는 성능 기반 표준을 설정하고 3D 프린팅 기술, 재료 및 테스트를 포함하도록 건물 코드를 확장하여 규제 환경을 적극적으로 형성함으로써 혁신을 촉진할 수 있다. 고무적인 선례는 영국 정부의 BIM에 대한 접근방식이다. 전략적 투자와 결합된 명확한 규제 프레임워크는 이 기술의 채택을 촉진하고 영국 기업들에게 국제적으로 유리한 위치를 제공했다. 두바이는 건설업에서 3D 프린팅과 유사한 길을 걸을 것으로 보인다. 또한, 정부는 인프라 메가 프로젝트에서부터 저비용 주택 및 재난 구호 임무에 이르기까지 그 자체로 주요 프로젝트 소유자인 경향이 있으므로 3D 인쇄의 효율성으로부터 직접적인 혜택을 누릴 수 있다.
- 장비 공급업체: 위에서 제시한 바와 같이 미래 비즈니스 모델은 통합 턴키 프로젝트 제공업체에게는 덜 유리하고 전문 3D 프린팅 서비스를 제공하거나 장비를 계약 업체에 임대 또는 임대하는 기업에게는 더 유리할 것이다. 기존의 3D 프린팅 회사들은 그러한 역할을 맡고 장비, 소프트웨어 또는 특수 재료뿐만 아니라 노하우와 교육도 판매할 수 있는 좋은 위치에 있다. 또 다른 가능성은 장비 공급업체가 장비가 사용하는 원료 및 기타 재료를 판매하여 수익의 대부분을 얻는 razor-and-blades 사업 모델이다. 3D 프린팅 기술은 로더 및 크레인 같은 일부 건설 기계의 공급업체에게 상당히 심각한 위협이 된다. 왜냐하면 부지가 준비되면 기존 장비의 필요성이 크게 줄어들기 때문이다.

6. 가깝고도 먼 미래

언젠가는 대형 건물 전체가 프린터 한 대에 의해 인쇄될 것이다. 스위치를 누르고 공급 원료를 보충하는 것 외에는 현장에 사람이 입력하지 않아도 된다. 그것은 아주 먼 장래이다. 보다 평범하고 현실적인 비전은 몇 가지 개별 절차와 철근 콘크리트 압출, 표면 밀링 및 단열재를 포함한 자율 또는 반자율 시스템을 유지하되, 이들을 서로 및 인간 작업자와 긴밀하게 통합하는 것을 포함한다. 더 가까운 미래에, 건축에서 3D 프린팅은 인쇄된 금형이나 복잡한 부품과 같은 특수 애플리케이션을 대중화하고 다듬어 그 역할을 더욱 복잡하고 야심찬 디자인에 보조를 맞추게 될 것이다. 투자도 계속 흘러간다면 모멘텀은 계속되어야 한다.

출처 : Boston Consulting Group, “Will 3D Printing Remodel the Construction Industry?”
https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-Will-3D-Printing-Remodel-the-Construction-Industry-Jan-2018_tcm9-181569.pdf