

## 3D 프린팅 기술과 건축적 활용

3D Printing Technology and Architectural Application

---

저자 (Authors)	최성권 Choi, Sung-Kwon
출처 (Source)	<a href="#">건축 58(2)</a> , 2014.1, 17-25(9 pages) <a href="#">Review of Architecture and Building Science 58(2)</a> , 2014.1, 17-25(9 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한건축학회</a> ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02346958">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02346958</a>
APA Style	최성권 (2014). 3D 프린팅 기술과 건축적 활용. 건축, 58(2), 17-25
이용정보 (Accessed)	이화여자대학교 203.255.***.68 2020/04/25 15:45 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 3D 프린팅 기술과 건축적 활용

3D Printing Technology and Architectural Application



**최 성 권** Choi, Sung-Kwon  
서일대 산업디자인과 조교수  
Assistant Professor, Seoil University  
rapiddesign@naver.com

### 머리말

최근 들어 각종 매체와 국제적 보고서들은 연일 3D 프린팅 기술에 대해 수많은 전망지표들을 제시하면서 3D 프린팅 기술이 가져올 미래의 삶과 제조업 변화에 대해 얘기하고 있다.

하지만 이러한 3D 프린팅 기술은 일반 대중들이 느끼는 갑작스런 출현은 아니다. 1982년 미국의 찰스 W. 헐(Charles W. Hull) 박사는 처음으로 지금의 3D 프린터의 제조 원리가 되는 스테레오리소그라피(stereolithography)를 발명한다. 이후 1984년에는 처음으로 작동되는 광경화수지적층방식 일명 SLA(stereolithography)방식 3D 프린터를 제작한다. 1986년 특허 등록이 완료된 후 지금의 3D 시스템즈사(Systems)를 설립, 1988년 드디어 SLA 250이라는 상업용 장비를 출시하게 된다. 대략 30년이 넘는 절대 짧은 역사의 가진 기술이다. 한국의 경우는 1989년 대우자동차에 첫 상업용 RP(Rapid Prototyping=3D Printer) 장비가 설치 운용되었고 약 25년이라는 활용 역사를 가지고 있다.

결국, 최근에 3D 프린팅 기술이 대중에게까지 크게 알려지게 된 것은 바로 2013년 2월 13일 미국 오바마 대통령이 연두교서에서 '3D 프린팅 기술은 거의 모든 것을 만들 수 있는 제조의 혁명을 가져다 줄 잠재력을 지닌 기술'로 언급한 시점에서 세계적인 쟁점이 되었다. 이와 동시에 미국의 세계적인 가진 소인 '국제전자제품박람회 CES 2013'에서 대중을 위한 보급형 3D 프린터가 대거 등장한 이유에서도 찾을 수 있다. 여기에 이러한 배경에는 국제적 보고서들의 전망과 기술 및 재료, 관련 인프라 증대와

도 무관하지 않다. 이에 앞서 2012년 영국의 경제 주간지 「이코노미스트(economist)」는 '3차 산업혁명(The third industrial revolution)'이라는 특별 리포트를 통해 3D 프린팅 기술이 내연 기관과 컴퓨터에 이어 3차 산업혁명을 이끌 것으로 예측하였다.

이러한 이유로 우리는 3D 프린팅 기술이 무엇이며 앞으로 어떠한 분야에 활용 가능성이 있는지를 찾고, 미래의 변화에 대처하기 위한 준비를 위해 현 상황을 파악하는 것은 중요한 문제로 볼 수 있다.

### 3D 프린팅 기술의 이해

3D 프린팅이란? '컴퓨터로 설계된 3D 모델링 또는 디지털 3차원 스캐너를 통해 획득된 솔리드(solid)상태의 모델 데이터를 한층 한층(layer by layer) 기계적 적층을 통하여 손으로 직접 만질 수 있는 물리적 형상(physical model)

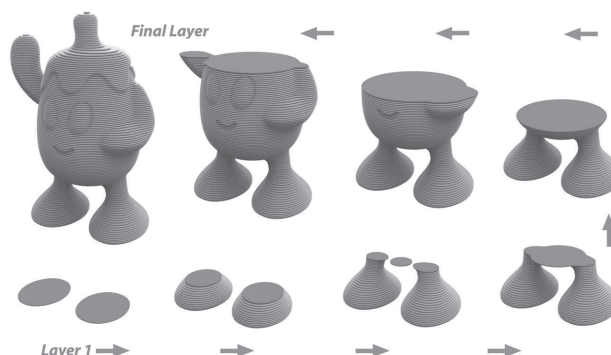


그림 1. 레이어 바이 레이어(Layer by Layer) 적층 조형 개념도  
(출처: 최성권 저, 신속조형기술 RP활용 가이드, 헤지원, 2011)

으로 빠르게 제조하는 기술'로 정의된다(그림 1 참조).

또한, 3D 프린팅 기술의 바른 이해를 돕기 위해 관련용어 변화를 정리해 보면 3D 프린팅과 같은 개념으로 주로 통용되는 용어로는 신속 조형기술 RP(Rapid Prototyping)가 있다. 말 그대로 빠르게 시제품(prototype)을 제작하는 기술로 주로 산업용 3D 프린팅 기술이나 장비를 지칭한다. 이와 함께 좀더 대중적이고 이해하기 쉬운 용어가 바로 '3D 프린팅'으로 인식하면 된다. 하지만 2012 이러한 용어들은 국제적인 표준용어로 어느 정도 통일되고 있는데 미국 ASTM의 인터내셔널 F42 커미티(American Society for Testing and Materials, International F42 committee)에서 과거 신속 조형기술(RP)이라는 용어에서 적층가공기술 또는 관련 산업을 통칭하여 AM(Additive Manufacturing)이라는 용어로 공식용어화되었다. 또한, 추가적으로 대중에게 친숙한 지금의 '3D Printing'이라는 용어도 동시 공식용어화되었다. 사실 여기서 중요한 점은 바로 RP 즉 빠르게 프로토타입과 같은 모형(mock-up)을 만들 수 있는 단품 제조의 수준에서 이제 바로 사용 가능한 수준의 제품을 직접 소량 또는 대량생산할 수 있는 AM(Additive Manufacturing)이라는 직접 제조 생산 개념이 들어갔다는 것이다. 이것은 앞으로 3D 프린팅 기술과 산업이 어떻게 발전할지를 보여주는 작은 단서이기도 하다.

### 3D 프린팅 방식 및 기술 현황

3D 프린팅 기술은 1987년 미국 3D 시스템즈사에 의해 광경화성 수지 적층 방식인 SLA가 처음 상용화 시스템으로 나온 이후 새로운 조형방식들이 지속적으로 개발 연구되어 현재 20여 가지의 조형방식들이 상용화되었다. 우선 3D 프린팅 기술은 조형재료에 의한 분류와 조



그림 2. 조형재료에 의한 3D 프린팅 기술의 분류

형방식에 의한 분류로 구분된다. 조형재료에 의한 분류는 1991년 JP Kruth의 RP 분류기준에 준하여 볼 수 있다. Kruth는 특히 재료의 초기 형태에 주목하여 액상(liquid) 재료, 낱알과 같은 알갱이 재료(discrete), 종이나 판재와 같은 솔리드 재료(solid sheets)로 분류하였다. 하지만 이러한 분류는 절대적인 기준은 아니다. 현재는 이러한 맥락과 비슷하며 크게, 1) 액형기반 AM시스템(Liquid-Based AM Systems) 2) 고체기반 AM시스템(Solid-Based AM Systems) 3) 분말기반 RP시스템(Powder-Based AM Systems)로 분류된다(그림 2 참조).

또한 이러한 재료를 사용하는 다양한 조형방식이 개발되었다. 조형방식은 기계적인 제작 방식을 말하며 결과물 또한 서로 다른 물리적 특성들을 가지게 된다(표 1 참조).

다음 표 2에 제시된 9가지의 방식이 산업적으로 가장 많이 활용되는 방식이다. 특히 전 세계적 산업용으로 가장

표 1. AM(=3D Printing) 방식별 명칭과 제조사

방식	세부 명칭	제조사
SLA	Stero Lithography Apparatus 광경화수지 조형 방식	3D Systems(USA) / CMET(JAPAN) DWS(ITALY)
SLS	Selective Laser Sintering 선택적 레이저 소결 조형 방식	3D Systems(USA) / EOS(GERMANY)
FDM	Fused Deposition Modeling 용융수지 압출 적층 조형 방식	Stratasys(USA) + Makerbot(USA) > Fortus, Dimension, Replicator
3DP	3D Dimensional Printing 분말에 잉크젯 프린팅 조형 방식	3D System(USA) + Zcorp(USA) > ProJet5500X, ProJet 160, ProJet260c VoxelJet(GERMANY)
LOM	Laminated Object Manufacturing 박막 시트재료 커팅 접착 적층 조형방식	Cubic Technologies(USA) Solido(Israel) / KIRA(JAPAN) / Mcor(USA)
Poly Jet	Photopolymer Jetting Technology 잉크젯+광조형방식 혼합 방식	Stratasys(USA) + Objet(Israel)
MM	ModelMaker > InkJet3D Plotting 잉크젯 프린팅 방식	Stratasys(USA) + SolidScape(USA)
MJM	Multijet Modeling 다중 노즐 프린팅 방식	3D System(USA) > ProJet3500X, 3510SD, 3510CPX
DLP	Digital Light Processing 마스크 투영 이미지 경화 방식	Envisiontec(GERMANY) > Perfactory, Ultra

표 2. AM(=3D Printing) 방식별 특징 비교

	1=Excellent	2=Very Good	3=Good	4=Average	5=Fair	6=Poor	
방식	정밀도	표면마감	제작속도	재료강도	재료컬러	투명도	재료유연성
AM Process	Accuracy	Surface Finish	Speed	Material Strong	Material Colors	Semi-transparent	Flexible Materials
SLA	2	2	4	3-4	YES Partial	YES	Partial
SLS	3	2	4-5	1	NO	NO	NO
FDM	5	5	6	2	YES Partial	YES	NO
3DP	5	5	1	5-6	YES Full Color	NO	NO
LOM	5	5-6	3	2	NO	NO	NO
Polyjet	2-3	2	3	3-4	YES Partial	YES	YES
MM	1	2	5	5-6	NO	NO	NO
MJM	1	2	3	4-5	YES Partial	YES	YES
DLP	1	1	3	4-5	YES Partial	YES	YES

많이 활용되는 방식은 SLA, FDM, SLS, DLP 순이다. 한국의 경우도 마찬가지이다. SLA 방식은 파트의 정밀도와 표면 조도가 특히 우수하고, FDM 방식의 경우 표면 조도는 떨어지지만, 내구성(강도)이 좋아 자동차 부품 테스트 용으로도 적합하다. SLS의 경우는 나일론계 폴리아미드(polyamide)수지로 탄성과 유연성이 매우 우수하고, 제작된 파트가 가볍고 견고하며, 열에도 강하여 기능성 파트에도 매우 유리하다. 마지막으로 DLP방식은 정밀도가 매우 우수하고 완전 연소가 되는 수지 사용이 가능하여 주물제작용 귀금속 원본 제조, 정밀 부품 제조, 보청기(hearing aid)산업에 적합하며 한국의 경우 특히 주얼리 산업에서 독보적인 활용도를 보이고 있다.

최근에는 특허가 만료된 FDM(Fused Deposition Modeling) 방식을 보급용 기술로 만들어 가정용 3D 프린터의 제작과 보급이 활발하게 이루어지고 있다. FFF(Fused Filament Fabrication)방식으로도 불리는데 완제품 또는 DIY형태로 \$200~\$5,000 미만으로 소비자에게 판매되고 있다. 현재 이러한 보급용 3D 프린터는 2013년 현재 [www.3ders.org](http://www.3ders.org)에 약 18개국 62개 사가 제품을 제작하고 있을 정도로 폭발적인 증가세를 보이고 있다. 사용되는 재료는 ABS, PLA(생분해성플라스틱)가 주이며 다양한 컬러재료와 가격이 저렴한 것이 특징이다. 물론 앞서 제시된 산업용 3D 프린터 장비에는 못 미치지만 한국의 경우 (주)캐리마의 DLP방식의 프린터를 비롯 (주)로켓의 에드슨, 오픈크리에이터(opencreator)의 멘텔, 고산 대표가 운영하는 에이팀(A-team), 주승환 대표가 운영하는 윌리봇(willybot), 솔리시스 등의 FFF방식 3D 프린터를

제조 판매하고 있다.

이러한 보급용의 3D 프린터의 확산은 창의적 작업에 도움을 주는 것은 물론 3D 프린팅 산업에 대중화에도 이바지할 것으로 본다. 물론 보급용의 경우는 초기 랩랩(RepRap)과 같은 오픈 소스를 이용하여 개발되었기에 시스템적인 불안정성이 남아 있기에 지속적인 업그레이드와 사후 관리체계가 중요할 것으로 본다(그림 3 참조).

2014년 4월에는 FDM 특허보다 더욱 강력한 선택적 레이저 소결방식인 SLS(Selective Laser Sintering)방식의 특허가 풀릴 예정이다. 이 방식은 나일론과 같은 분말에 레이저를 조사하여 소비자가 바로 사용할 수 있는 직접상품을 제조할 수 있는 기술이다. 특히 독일, 미국, 일본, 프랑스와 같은 기술 선진국의 전유물이었던 SLS 방식은 앞으로 FDM방식과는 차원이 다른 1인 제조시대를 열게 해 줄 것으로 예측된다. 특히 재료비와 장비가 저렴해지면 일반인들조차도 1인 직접상품을 제조 판매하는 1인 기업의 탄생이 가속화 될 것이다(그림 4 참조).

보급용과 같은 3D 프린터들은 대부분 데스크톱에 적합한 하드웨어 외관을 가진다. 이와 반대로 앞서 제시된 다양한 방식의 산업용 3D 프린터들은 하드웨어 타입 또한 매우 다양한 형태로 발전하고 있다. 산업용 3D 프린터는 초기 대부분 박스 타입이 주를 이루었으나 최근 들어서는 기존에 산업용 로봇 타입과 자동차 엔진 블록과 같은 대형 주물사를 동시에 여러 개 3D 프린팅할 수 있는 대형 컨베이어 타입도 등장하고 있다. 앞으로도 3D 프린팅 하드웨어들은 좀더 작게 좀더 크게 양방향의 다양한 방



그림 3. 보급용 3D 프린터 큐브와 큐브엑스 모델  
(출처 : 미국 3D 시스템즈사 제공)

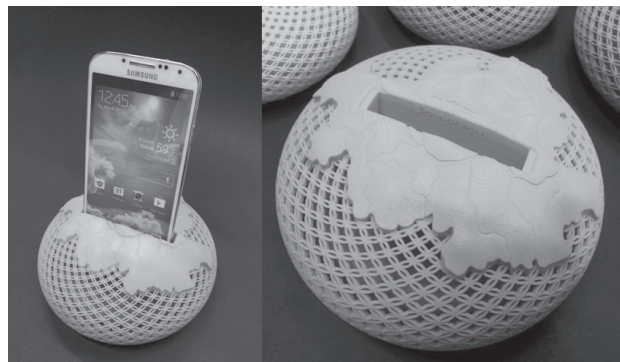


그림 4. SLS 공정으로 직접 생산된 스마트폰용 사운드 증폭기  
(출처 : 한국 [www.3dconnection.co.kr](http://www.3dconnection.co.kr) 제공)



식과 기존 CNC 기술과 3D 프린터의 단점을 보완한 과도 기적 하이브리드 3D 프린터도 속속 등장 할 것으로 예측 된다(그림 5 참조).

이와 함께 컨설팅 기관인 가드너(Gartner)가 최초로 내놓은 소비자 및 기업용 3D 프린터 시장 전망에 따르면, 2013년 10만 달러 미만 3D 프린터의 전 세계 출하량은 49% 증가한 총 5만 6,507대에 이를 전망이다. 한국의 경우는 현재 산업용 장비 추정 2013년 현재 1,300여 대가 설치되어 있는 것으로 나타났다.

이러한 3D 프린팅 기술에는 하드웨어 못지 않게 빼놓을 수 없는 중요한 것이 있는데 그것은 바로 소프트웨어와 재료를 들 수 있다. 특히 사용할 수 있는 재료의 종류와 한계치는 곧 활용분야의 한계로 이어지기 때문이다. 다 행스러운 것은 3D 프린팅 재료들은 하드웨어 방식의 발전과 함께 지속적으로 발전하여 현재 우리가 가장 많이 활용하는 대부분의 재료가 3D 프린팅 재료로 구비되어 생산되고 있다. 3D 프린팅이 가능한 재료들은 물론 3D 프린터의 기계적 특성을 고려한 재료들이 대부분이다. 3D 프린팅이 가능한 재료는 산업적으로 가장 많이 사용

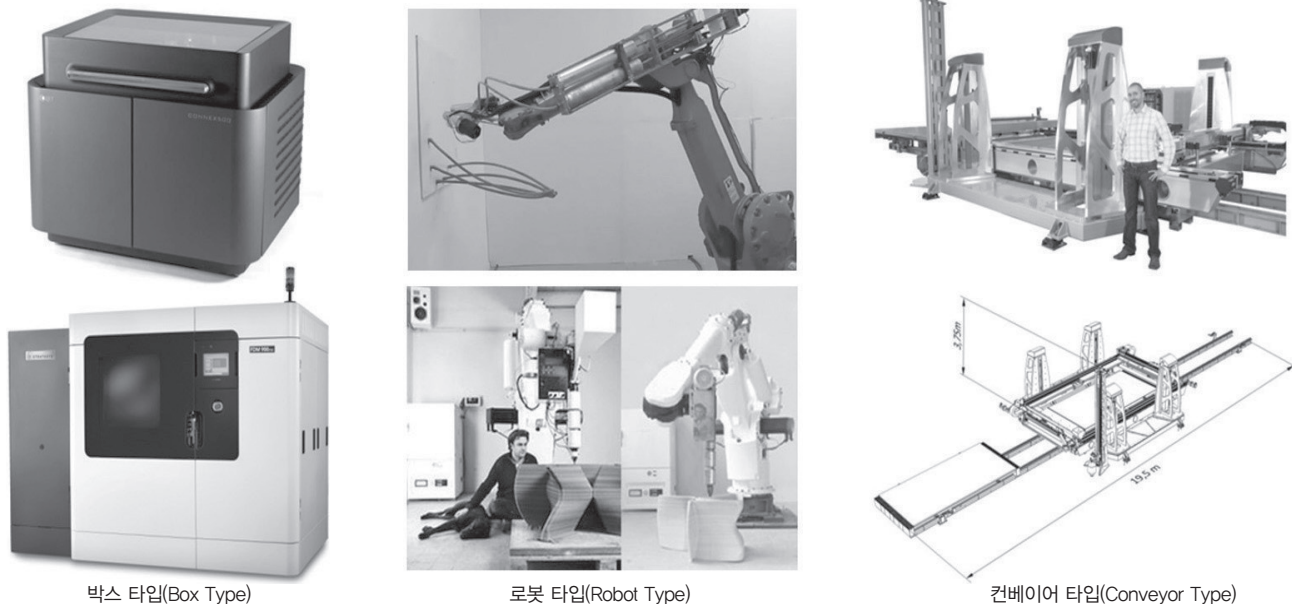


그림 5. 산업용 3D 프린터 하드웨어 타입 비교

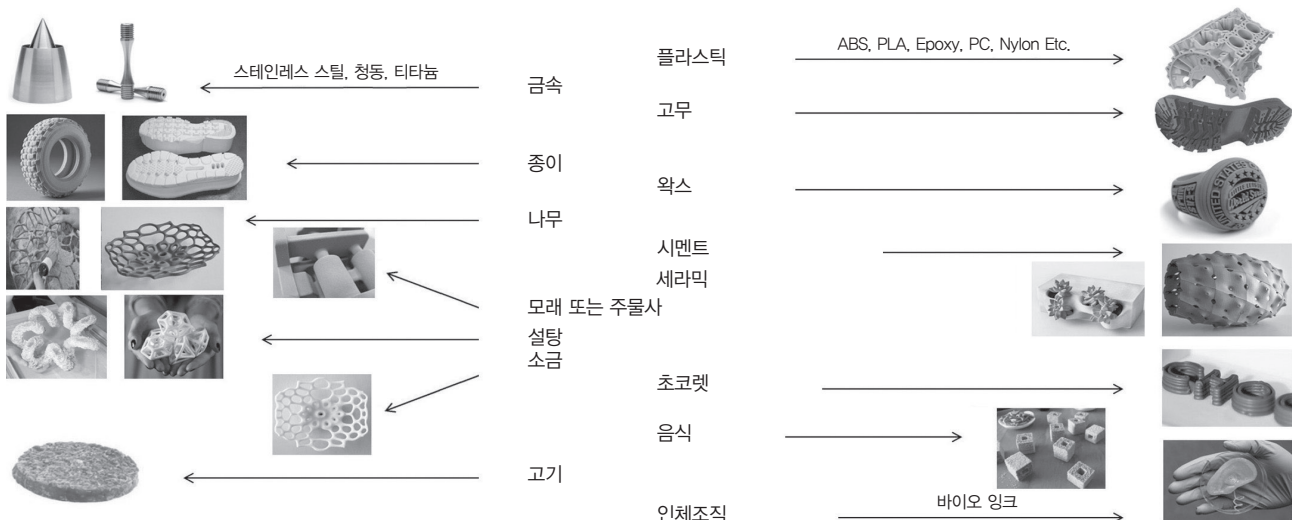


그림 6. 3D 프린팅 사용 재료

되는 고분자 화합물인 플라스틱, 금속, 고무, 실리콘, 종이, 왁스, 나무, 시멘트, 콘크리트, 세라믹, 모래 또는 주물사 등 다양하다. 특히 금속의 경우 분말로 투입되기에 분말의 종류에 따라 스테인레스 스틸, 청동, 티타늄, 마징스틸, 알루미늄 등 다양한 금속 파트 제작이 가능하다. 이에 더하여 앞으로는 우리가 먹는 음식을 프린팅해 주는 푸드 프린터가 속속 등장할 것으로 예측된다. 현재 과자, 설탕, 소금, 초콜릿은 물론 고기까지도 제작이 가능한 시점에 와 있다. 또한 인간의 피부나 혈관에서 인체 장기까지 바이오 3D 프린팅 영역도 급속히 발전하고 있다. 언젠가는 지금의 금속 임플란트(implant)들도 배양을 통해 자신의 생체 재료로 프린팅하는 시대가 도래할 것으로 전문가들은 조심스럽게 예측하고 있다(그림 7 참조).

### 건축분야에서의 3D 프린팅 기술 활용 현황

3D 프린팅의 활용은 사용되는 방식이나 재료에 다양성만큼이나 활용도가 광범위하다. 미국 홀러스 어소시에이츠(Wohlers Associates)의 테리 홀러스 리포트 2013(Terry Wohlers Report)에 따르면 다음과 같다(그림 7 참조).

가장 활용도가 넓은 영역은 소비재 제품과 가전, 자동차, 우주 항공, 의료와 덴탈, 산업과 비즈니스 등이다. 특히 상당 건축분야에서의 활용도 3.9%라는 비중 있는 활용도를 보여주고 있다. 이는 건설링 기관인 가드너가 얼마

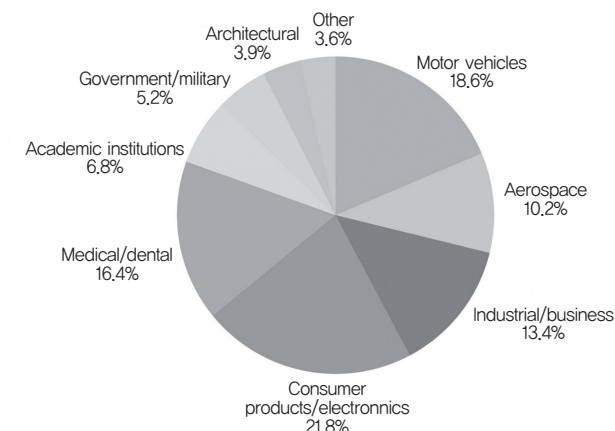


그림 7. 3D 프린팅 기술 활용 분야 (출처 : Wohlers Report 2013)

전 가장 영향이 큰 분야 순위와도 어느 정도 일맥상통하는 분포이다. 가드너는 우선 3D 프린팅이 소비재 및 제조산업에 가장 큰 영향을 미치며 건설, 교육, 에너지, 정부, 의약품, 군, 소매, 통신, 교통 및 유틸리티 산업에는 중간 정도의 영향을, 은행 및 금융 보험 산업에는 미비한 영향을 미칠 것으로 내다보았다. 그렇다면 건설, 건축분야에서 현재 3D 프린팅 기술은 어떻게 활용되고 있고 미래의 도전 과제는 무엇인지를 살펴본다.

건축분야에서 가장 활발하게 3D 프린팅 기술이 활용되는 부분은 지형지물과 인테리어를 포함한 건축모형분야이다. 건축모형은 건물의 생김새를 직접 눈으로 확인하고 실제적인 디자인적, 구조적인 명확성을 건축가나 클라이언트에 보여 줄 수 있다. 사실 건축모형은 3D 프린팅 외의 방법으로도 충분히 제작이 가능하다. 하지만 과거와 달리 건물의 외형이 비선형적 형식일 경우 3D 프린팅은 가장 빠른 제작방법이 된다. 다만 3D 프린팅을 위해서는 3D 모델링 데이터가 모두 두께를 가진 솔리드(solid)데이터이어야 한다. 지금은 이러한 개념들이 생기고 3D 모델링 과정부터 3D 프린팅 제작을 위한 고려가 되어 일부 설계되지만 과거에는 다시 작업해 주어야 하는 어려움이 있었다. 앞으로 BIM(Building Information Modeling)이 보다 활성화되면 해석이나 시뮬레이션 시각화 범위까지 가능할 것으로 본다. 건축모형의 경우 앞서 제시된 3D 프린팅 방식 중 어떤 것을 사용해도 대부분 가능하다.



그림 8. SLS 방식으로 제작된 건축 모형 (출처 : Seoul Commune 2026, Towers in the Park, massstudies, 2006.)

아래 제시된 건축모형은 가벼우면서 내구성이 뛰어난 나일론 재료가 사용된 건축모형으로 제작방식은 SLS로 분말에 레이저를 쏘아 선택적 소결을 하여 제작되었다(그림 8 참조).

다만 건축모형의 제작에는 반드시 고려해야 할 부분이 있다. 바로 스케일 변화에 따른 기둥 두께, 처마의 살 두께, 표피 패널의 두께와 같이 축소시 너무 얇아지는 경우이다. 이러한 경우 프린팅시 부러지거나 출력 자체가 되지 않을 수 있다. 이러한 부분은 모형 제작자가 미리 염두에 두고 변경해 주어야 하는 번거로운 작업영역 중의 하나이다. 아래 모형은 그러한 살 두께를 조정하여 제작된 모형이다. 제작 방식은 폴리젯(Polyjet)으로 잉크젯 프린터 노즐에서 나오는 재료가 자외선에 의해 순간 경화되면서 형상을 조형하는 방식으로 정밀도가 우수한 모형 제작이 가능하다. 단 강도가 약하다는 단점이 있다(그림 9 참조).

아래 제시되는 건축모형은 액상기반의 3D 프린팅 기술로 빛에 반응하는 광경화성 수지에 레이저를 주사하여

경화된 파트를 제작하는 SLA방식이 사용되었다. 수작업으로 제작하기에는 거의 불가능한 형상으로 치수 조립 정밀도와 표면조도가 우수하여 그림과 같이 수십 개의 파트를 조립하여 제작도 가능하다(그림 10 참조).

이외에도 건축모형은 3DP 방식인 잉크젯 프린팅 방식을 사용하면 컬러로도 출력이 가능하다. 지금까지 건축모형분야에서의 3D 프린팅 기술의 활용을 알아보았다. 다음은 모형 수준이 아닌 건축분야의 실제적인 연구동향을 알아본다.

영국 러프버러대(Loughborough University)의 건축학과 Russ Harris 교수는 포스터(Poster) 파트너스 건축사무소와 공동 연구를 진행했다. 연구실에 실제 대형 콘크리트 프린터를 제작하고, 일명 프리폼 구조체(freeform construction) 연구를 진행하였다. 결과물로 나온 것이 1톤짜리 콘크리트 벤치이다. 빌드 볼륨은 약 2m×2.5m×5m 건축 시설물의 일부를 3D 프린터로 제작한 사례이다. 특히 이들은 AMRG(The Additive Manufacturing Research Group)라는 연

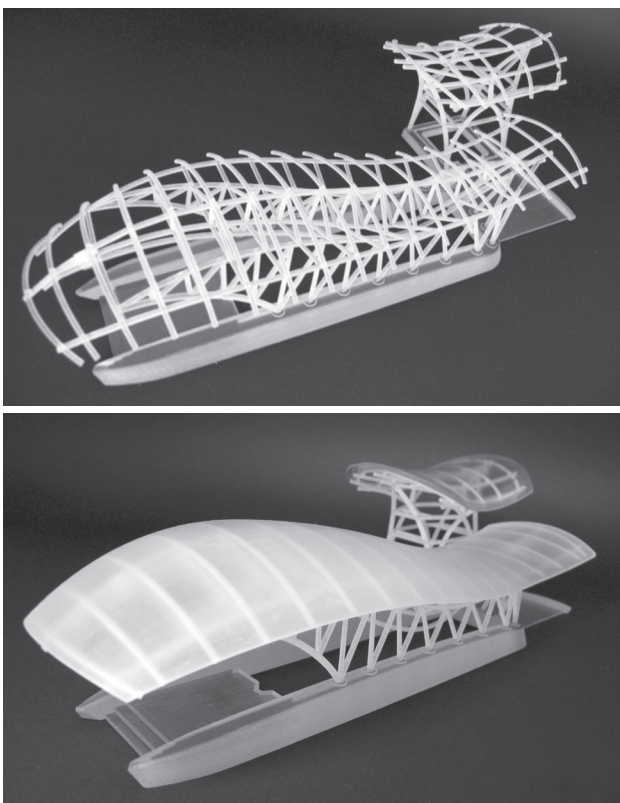


그림 9. 폴리젯 방식으로 제작된 국회의사당역 출구 캐노피 모형 (출처 : NUDL-as team of Junglim Architecture, Korea, 2009)

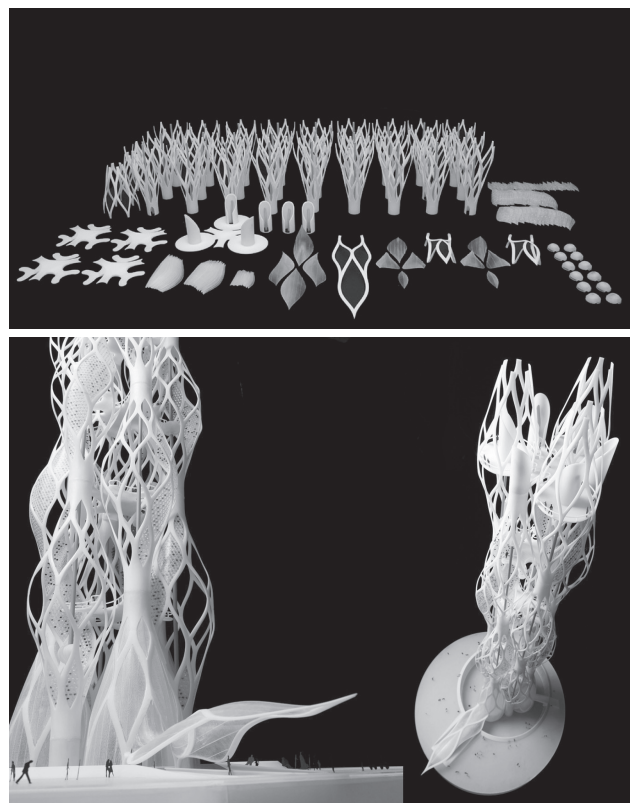


그림 10. SLA 방식으로 제작된 더 라스트 하우스(The Last House) 수직형 납골당 모형 (출처 : System-Lab Architecture, Korea, 2006)



구그룹으로 알려져 있다. 이들 연구 중에는 비정형 건축에 사용될 수 있는 곡면과 크기가 다른 콘크리트 재료의 패널들을 만들어 낸 것이다. 이는 앞으로 비정형 건축의 패널 제작에 사용될 수 있는 응용기술로 볼 수 있다(그림 11 참조).

다음은 디-셰이프(D-Shape) 프린터를 개발한 Enrico Dini라는 이탈리아 발명가의 건물 3D 프린터를 소개한다. 이 프린터는 사람의 개입 없이도 풀-사이즈 샌드스톤(full-size sandstone) 빌딩을 건축할 수 있다고 한다(그림 12 참조).

특히 디-셰이프 3D 프린터는 새로운 로봇 빌딩(robotic building) 시스템으로 모래 재질에 자신들이 제작한 바인딩을 분사, 결합하여 돌과 같이 견고한 형상을 제작하는 방식이라고 한다.

다음은 USC(University of Southern California) 대학의 로보틱 컨스트럭션 시스템(Robotic Construction System)인 컨투어 크래프팅(Contour Crafting) 3D 프린팅 기술이다.

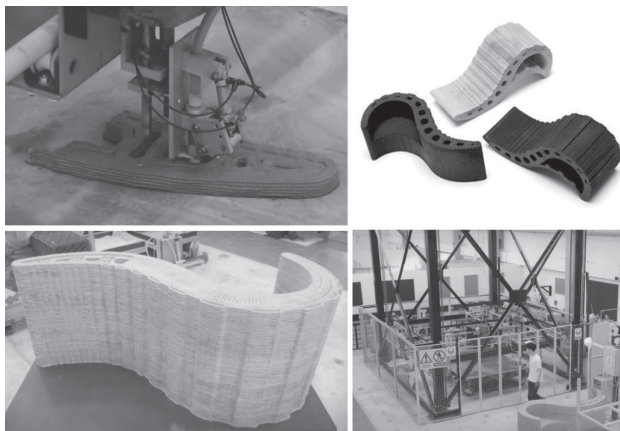


그림 11. 콘크리트 3D 프린터로 제작된 1톤짜리 콘크리트 벤치와 프린터 (출처 : 영국 러프버리대, 2010)

이 기술은 발명한 사람은 미국 남가주대 비터비공대(University of Southern California, Viterbi School of Engineering)의 베흥 코쉬네비스(Dr. Behrokh Khoshnevis) 교수로 산업시스템엔지니어링과 도시환경엔지니어링 및 CRAFT(Center for Rapid Automated Fabrication Technologies) 디렉터이기도 하다.

이 방식은 3D 프린터의 원리로 콘크리트를 분사하여 구조체를 만들고 중간에 로봇기술에 의해 골조나 기타 부속품을 결합해 가며 구조물을 완성하는 방식으로 매우 현실적인 시스템이다. 그림에 보이는 가스통처럼 생긴 통이 콘크리트 저장장치이다. 보충은 레미콘이 와서 충전하는 형식이다. 특히 중간에 로봇 팔이 추가적으로 장착되어 있어 골조나 천장을 만들 수 있도록 되어 있다(그림 13 참조).

마지막으로 ‘디지털 그로테스크(Digital Grotesque)’라는 제목의 인테리어 작업물이다. 여기에 사용된 기술은 잉크젯 방식 중에 하나인 독일의 복셀젯사의 샌드 3DP 기술이 사용되었다. 사용된 재료는 모래성분으로 원래

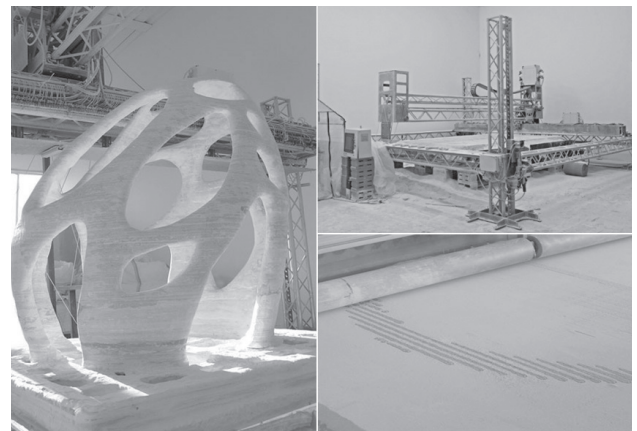


그림 12. 샌드스톤 디-셰이프 3D 프린터로 제작된 빌딩과 프린터 모습 (출처 : <http://d-shape.com>)

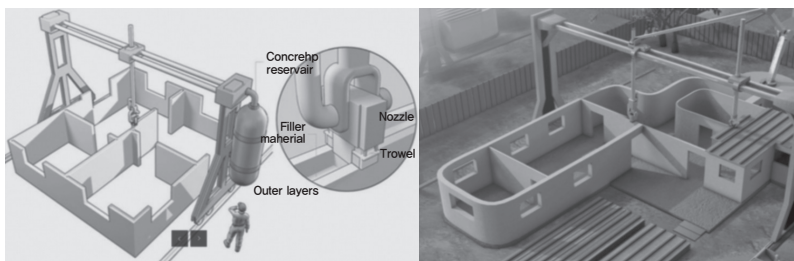


그림 13. 컨투어 크래프팅 로보틱 컨스트럭션 원리도 (출처 : <http://www.contourcrafting.org/>)

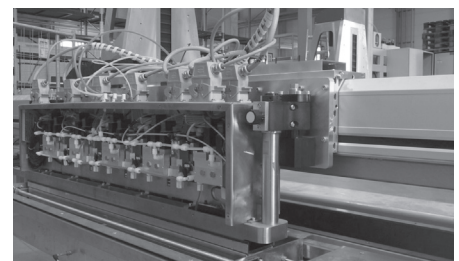


그림 14. 복셀젯사의 3DP=잉크젯 방식 3D 프린터 모습





그림 15. 복셀젯사의 3DP=잉크젯 방식으로 제작된 실내 건축물 (출처 : www.michael-hansmeyer.com)

는 엔진 블록과 같은 주물 제작시 사용되는 모래재료가 다. 3D 프린팅시에는 별도의 바인더가 분사되어 딱딱하게 모래 알갱이들이 교결된다. 모델링 방법은 면의 다면 분할을 통해 나타나는 형상을 3차원으로 형상화하여 매우 그로테스크한 느낌의 조형 건축물이 탄생하였다(그림 14~15 참조). 특히 실제 사이즈로 제작하기 위하여 각각의 유닛을 나누어 별도로 3D 프린팅 하였다. 제작자는 마이클 한스마이어(Michael Hansmeyer)와 벤자민 딜렌버거(Benjamin dillenburg)이다. 특히 마이클 한스마이어는 컴퓨터를 활용한 건축(Computational Architecture) 연구에 집중하고 있다. 이 작품이 시사하는 바는 매우 크다. 앞으로 3D 프린팅은 실외는 물론 실내의 인테리어 환경까지 완전히 새롭게 바꾸는 도구가 될 것으로 예측된다. 특히 컴퓨터를 이용한 알고리즘, 파라메트릭, 제너러티브 모델링 기술이 잘 활용된다면 아마도 수년 안에 실내 장식의 혁명이 일어날 것이다.

## 맺음말

3D 프린팅 기술의 건축적 활용을 위해서는 아직 가야할 길이 멀지만 분명한 것은 3D 프린팅과 로봇 기술이 결합되면 근 미래에 소규모의 주택을 짓거나 인테리어 벽체나 비정형 패널을 만드는 일은 분명 현실이 될 것으로 본다. 또한 도심에 혼한 버스 정류소 같은 구조물은 아마도 차량에 장착된 건축용 3D 프린터들이 활용될 수도 있을 것이다. 또한 환경을 생각한다면 생분해성 플라스틱 소재를 이용한 건축물로 3D 프린팅이 가능할 것이다. 나아가 자신이 모델링한 건물을 손쉽게 짓고 생활하는 사람들도 나타날 것이다. 이러한 꿈만 같은 현실이 바로 3D

프린팅 기술에 있다고 본다. 마치 금형으로는 도저히 제작 불가능한 형상도 이제 제품으로 상품화되듯 전통적인 제조 방식으로 제작할 수 없는 반복적이며 기하학적 구조물도 제작이 가능한 시대가 오고 있다. 이와 함께 앞으로 보다 광범위하게 전개될 BIM 시대에도 대처하는 방법의 하나가 될 것이다. 이러한 이유로 이 시점에서 디지털 제조기술의 현황을 살피는 일은 의미가 있다고 본다. 이를 통해 건축계의 작은 변화가 시작되는 계기가 되길 바란다. 끝으로 미래 경쟁력 확보를 위해서 건축, 건설 교육에서도 창의적 디자인과 실험정신, 컴퓨팅 정보화 및 모델링 능력이 더욱 중요시 되어야 한다고 본다. □

## 참고문헌

1. Wohlers Report 2013, State of the Industry Annual Worldwide Progress Report, Terry Wohlers Associates, Inc.
2. Rapid Prototyping / Principles and Applications / Second Edition, Chua C.K., Leong K. F. and Lim C. S. 2004, World Scientific
3. Rapid Manufacturing, An industrial Revolution for the Digital Age Editors N. Hopkinson, R.J.M. Hague and P.M. Dickens / Loughborough University, UK, 2006, John Wiley & Sons, Ltd
4. 산업디자이너를 위한 신속조형기술 RP활용가이드, 최성권 저, 해지원, 2010.
5. CAD & Graphics, 가드너 시장 전망, Page 90, 2013년 11월호
6. <http://www.contourcrafting.org>
7. <http://www.bkhoshnevis.com>
8. <http://michael-hansmeyer.com>
9. <http://www.voxeljet.de/en>
10. <http://d-shape.com>
11. FABRICATED, The New World of 3D Printing, Hod Lipson, Melba Kurman, Copyrighted Material, 2013.

## Abstract

'Three dimensional (3D) printing' is defined as a technology to use a 3D modeling designed by a computer or a solid state of model data produced by a digital 3D scanner and to convert into a physical model which is directly touchable by hand

through a mechanically stacked formation (layer by layer).

The 3D printing technology was invented by Charles W. Hull in US, and the first commercial 3D printing equipment was made available in 1988. For the last 26 years it has made a rapid development in many areas such as processing, material, software and related infrastructure, so as to emerge as a key technology that will bring an innovation in conventional manufacturing processes and a great change in future life that we never imagined in the past.

The biggest change in the manufacturing industry is to make a mold production of any shape possible, which was impossible in the past without the 3D printing technology, if a 3D digital modeling process of the shape is possible. In addition, the initial level of modeling techniques now available has reached to a level of making a directly usable product, so as to properly make a 1:1 customized production or a small quantity batch production for a variety of products in near future. These phenomena will be reflected as an increase in the number of pro-sumers and individual manufacturing enterprises who make production and consumption at the same time. On top of it, an easy digital data storage and transformation and a long-distance transportation innovation will bring an economic benefit soon by significantly reducing the heavy long-distance shipping and warehousing costs that result from the traditional manufacturing supply chain logistics. The 3D printing technology is also an essential technology to meet the environmentally safe management bases like global low-carbon green growth and sustainable production movements for the protection of global environment.

Currently, approximately 20 kinds of 3D printing methods and systems are in active use, including some exemplary schemes like SLA, SLS, FDM, DLP, POLYJET, etc. along with a variety of materials like metal, plastic, rubber, silicon, wood, ceramic and concrete. Recently, bio-diverse and human 3D printing researches have been on-going to make human body tissue, skin, blood vessels and even organs. Besides, a food printer has also appeared to 3D digitally print foods like chocolate, cookies, pizza, etc. The prevalence of a diffusion-type

3D printer give wings to the rapid popularization of 3D printing technology in many application fields.

Those applications of the 3D printing technology are in a very wide range covering electrical and electronic consumer products, automotive, aerospace, medical and dental devices, military equipment, architectural models and education tools. In particular, the present discussion is made specifically in the field of architectural BIM (Building Information Modeling) and its related 3D printing technology on which an active research has been made recently. Additionally, the 3D printing technology is developed from a level of the past architectural modeling production up to that of the current and future architectural buildings where moon rocks are used to make a moon base construction. Therefore, in this paper new possibilities of the 3D printing technology are studied on future architecture and construction fields, manufacturing of plastic and metal subsidiary materials and setting-up of concrete buildings using the concrete printer.