

| 글. 박진호 Park, Jin-ho

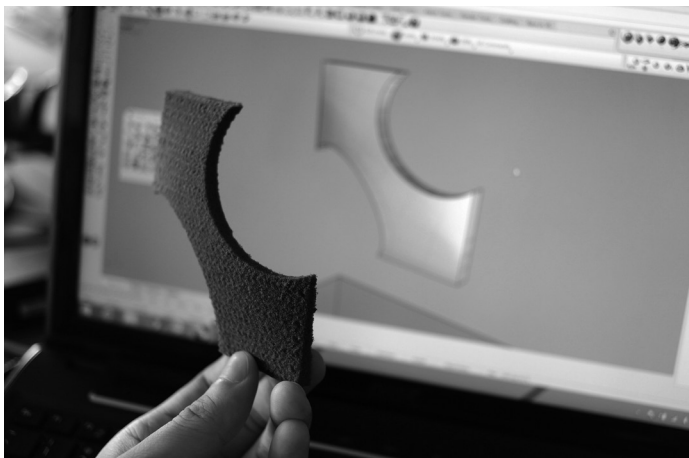
· 인하대학교 건축학과 교수

상상을 디자인하고 현실로 만들기

산업용 로봇을 이용한 건축디자인 및 제작

Designing and actualizing imagination
- Architectural design and production with industrial robots

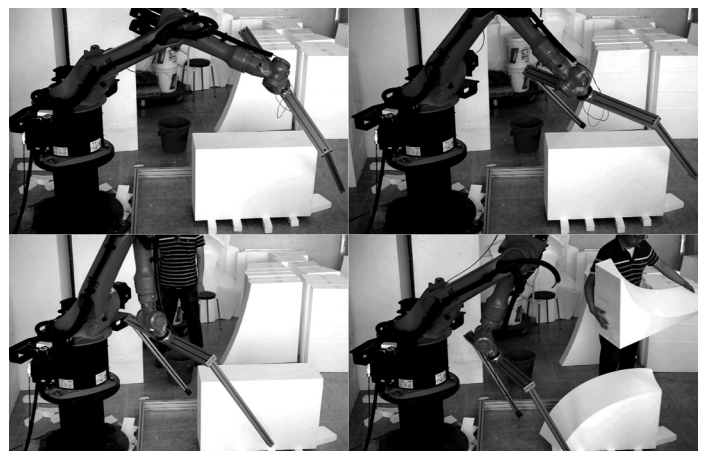
현재 산업용 로봇, 즉 6축 이상의 다관절 로봇은 단순 반복 그리고 정교함이 필수로 요구되는 자동차 차체 제작과 같은 특수목적의 자동생산라인에서 주로 사용되고 있다. 건축분야 역시 로봇의 활용은 건설 현장의 공기 단축이나 원가 절감 등 생산의 자동화가 필요한 영역에서 한정적으로 이루어지고 있을 뿐이다.



모델링 완료 후, 동일한 형태로 재현한 모습

최근 많은 연구자들이 로봇의 활용을 단순작업 수행의 수준에서 벗어나 건축분야 혁신의 단계로 이끄는 작업에 동참하고 있다. 인식의 전환이 이루어지고 있는 시점이다. 건축사들의 머릿속에 머물러 있기만 하던 상상적 형태를 로봇이 현실의 세계로 구체화하고 있는 것이다. 특히 CAD/CAM 소프트웨어와 연동되어 건축에 적용됨으로써 그 능력은 우리의 고정관념을 뛰어넘어 훨씬 더 다양한 방향으로 이용 및 발전되고 있다.

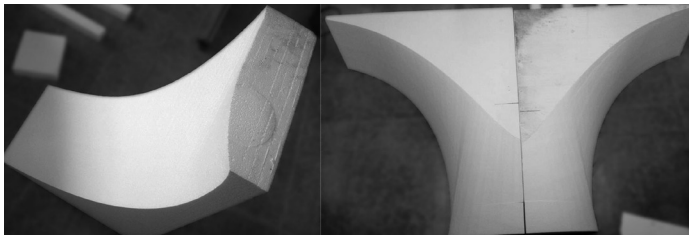
현대 건축에서 로봇은 비선형과 같은 특정 형태를 구현하는 것뿐만 아니라 그것의 기하학적 특성을 이해하고, 이를 재현하기 위해 필요한 기술을 학습 및 습득하는 것에도 굉장히 유용하고 효과적인 도구이다. 건축적 형태를 구현하기 위한 목적으로 로봇을 조종하면서 사용자는 자연적으로 디자인에서 구축에 이르는 과정을 체험하고 이해하게 된다. 디자인의 궁극적 목적인 건축물 구현에 앞서 컴퓨터 상에서의 재현에 의한 건축물의 구축방법을 연구 및 습득할 수 있는 기회를 갖게 된다. 그리고 로봇을 활용하여 가상환경 속에 존재하고 있는 부재를 실제로 재현하고 구축하면서 재료의 특성, 재료를 가공하는 데 필요한 도구 그리고 구현 가능한 형태에 대한 이해도를 한 차원 높여준다.



로봇을 이용하여 부재를 가공하는 모습

물론 로봇이 첨단 시공기술과 융합된다면 공사현장의 생산성을 향상시키고 인력난을 해결하는 등 여러 방면에서 건설산업의 혁신을 이끌 수 있다. 공사 현장에서 정확도가 필요한 작업이나 사람이 수행하기에는 위험성이 존재하는 작업, 생산라인의 자동화가 필요한 작업 등에 로봇이 적용되면 분명 효율성이 높아질 것이다. 그러나 로봇이 자동생산라인 상에서의 정밀시공이나 건설

부품의 양산 그리고 건설현장에서 인력대체의 수단으로만 단순히 이용되는 시대는 이미 지나갔다.

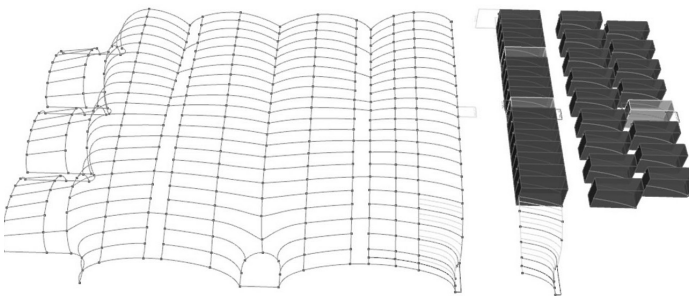


가공 대상물의 형태적 특성과 열선이라는 가공 도구의 충분한 이해 없이는 구현될 수 없는 부재들

단일하고 반복적인 작업만 수행하던 로봇은 이제 생산 및 조립 라인에서 탈피하여 다양하고 복잡한 명령을 수행하고 있다. 건축물의 부재를 제작하고 그것들을 조립하면서 다양한 현대 건축물들을 구축하는 데 기여하고 있다. 앞으로의 건축은 양산이 문제가 아니라 질의 문제이다. 머릿속 상상으로만 존재하던 복잡한 형태

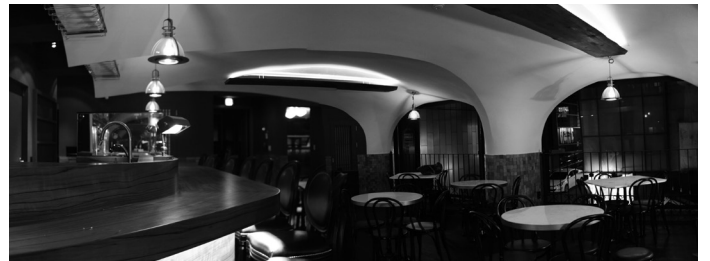


ICD/ITKE Research Pavilion 2013-14 (출처 : <http://www.achimmenges.net/?p=5713>)



모든 면이 2차 평면으로 구성된 천장 구조 모델링. 시공성을 고려한 최적화 작업 후, 불가능 할 것 같았던 형태가 로봇을 활용하여 구현되었다.

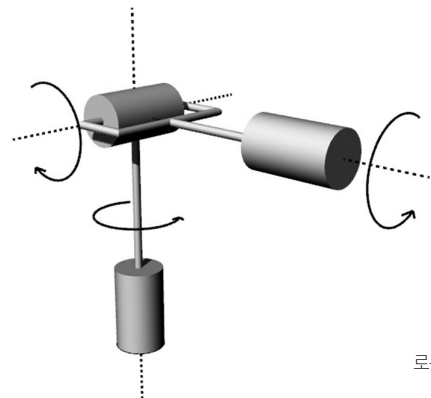
의 건축물이 로봇을 이용함으로써 현실속에 자리잡는 것이 가능해진다. 결국 건축과 로봇 산업의 융합에서 유발되는 건축적 수요의 최대 수혜자는 '상상의 건축물 구현'이 될 것이다.



한국 최초 로봇으로 제작된 천장 구조(시공: RDFinDLab & Be-Arch, 디자인: chohelo A+U)

6축 다관절 로봇은 최근 사회 전반에 걸쳐 그 가능성이 대두되고 있는 3D 프린터와는 굉장히 다른 기능을 갖추고 있다. 6개의 축, 즉 6개의 관절로 구성된 산업용 로봇은 사람의 팔과 동일한 구조를 지니고 있으며 각 관절이 X, Y, Z 세 개의 축 중에서 하나의 축을 기준으로 회전할 수 있도록 설계되어 있다. 사용자가 지정하는 삼차원의 좌표에 쉽고 정확하게 도달하며 다양한 재료를 실제 크기와 복잡한 형상의 물체로 정확하게 가공 및 조립하는 것이 가능하다. 사용 목적에 따라 약간의 차이가 있지만, 대부분의 6축 다관절 로봇은 반복 동작에서의 허용 오차 범위가 0.2mm 이내가 되도록 생산되고 있다. 2차원 형식의 재단 방식을 취하고 있는 일반 레이저 프린터 또는 워터젯 프린터와는 다르게 CNC 밀링 머신 또는 3D 프린터와 같은 삼차원 형식의 가공 방식을 취하고 있지만, 기존의 기계가 지니고 있는 사용 가능한 재료, 제작 가능한 크기와 같은 여러 제약들로부터 월등히 자유롭다.

더욱이 로봇 팔의 말단에 장착되는 도구의 종류에 따라 그것의 용도는 다양해진다. 따라서 건축 재료와 가공 방식에 적합한 말



로봇의 기본 움직임

단장치(end-effector)의 기술 개발 역시 굉장히 중요하다. 단일 로봇 팔이 단일 작업을 수행하는 것이 아니라, 로봇 팔의 끝 부분에 탈부착이 가능하면서 목적과 용도에 적합하게 설계된 말단장치를 개발 및 활용하면 로봇 팔 한 대가 다양한 작업을 수행할 수 있게 된다. 하지만 아직 건축분야에서의 로봇 산업이 활발하지 않은 관계로, 건축물의 부재 제작에 필요한 열선, 전기톱, 밀링 등과 같은 도구들을 자체적으로 제작 및 개발해야 할 필요가 있다.

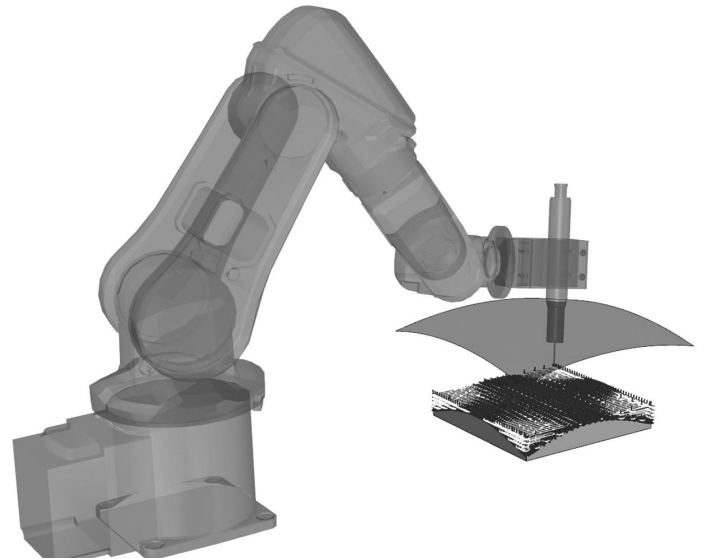
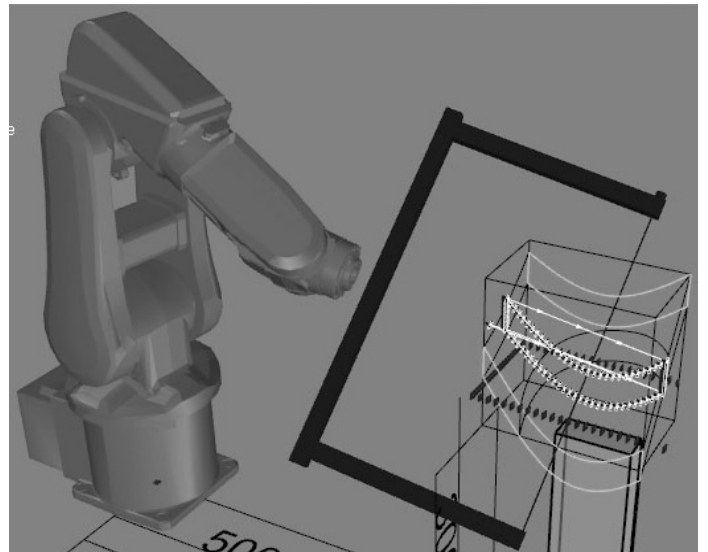


밀링작업

로봇에 부착된 다양한 말단장치로 여러 방식의 공정이 가능해진다. 예를 들자면, 열선을 활용한 스티로폼 가공, 사람의 손으로 구현하기에는 힘과 정확도가 가장 커다란 걸림돌이 되는 정교하고 견고한 관절 구조(finger joint)의 가공, 톱을 활용한 1차 또는 2차 곡면 형상으로서의 돌 가공, 그리고 3차원 방식의 철 부재 구부림과 같은 가공 방식 등이 있다. 필요에 따라서는 에어컴프레서에 연결하여 도장용 스프레이 건으로 사용되는 경우도 있고, 용접용의 전극 접점이나 납땀용 기기로 사용되기도 하는 등 그 필요와 목적, 용도에 맞게 다양한 용도로 활용될 수 있다.

정교한 부재를 가공할 시 로봇의 동작 속도를 느리게 조절할 수도 있고, 비교적 단순한 부재의 반복적 제작에는 로봇의 동작을 빠르게 조절할 수도 있다. 3차원의 복잡하고 다양한 기하학적 형상을 제작해야 하는 상황에서는 캐드소프트웨어와 연동되어 있는 그래스호퍼(Grasshopper)에서 공구의 이동경로(Tool-path)를 조절하는 것 역시 가능하다. 하지만 수십, 수백 번의 실험을 거

쳐 최적화된 이동경로를 설정해야 하며, 그것의 정확도에 대한 테스트 역시 필수이다. 이렇듯 가공 예상 부재와 말단장치(End-effector)의 종류에 최적화된 제작 방식에 관한 실험이 수없이 이루어져야 비로소 원하는 결과물을 얻을 수 있게 된다.

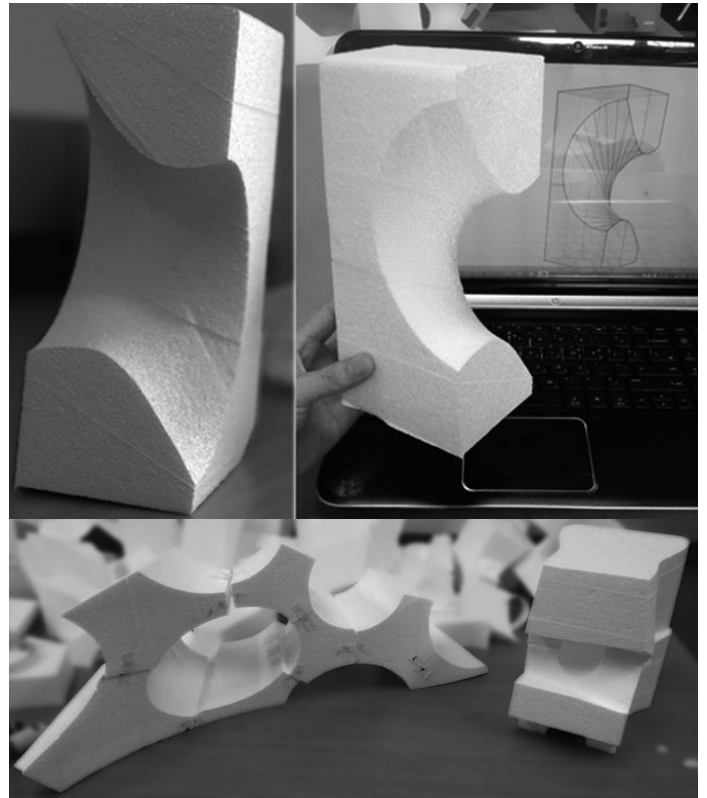


열선(위)과 밀링(아래)을 이용하여 부재를 가공하기 전 최적화된 공구의 이동경로 생성 실험, 할 프로그램(HAL Program)

로봇의 활용이 자동차 공장에서도처럼 단순 반복적인 공정을 수행하는 차원을 넘어 여러 상황에서 다양한 물체를 선택하여 집거나 쌓거나 조립하는 등의 것과 같이 복잡한 과제를 수행하는 영역으로 확대되고 있다. 즉 센서나 키넥트 카메라(Kinect camera)를

이용한 물체 인식 시스템들이 개발되고 있으며, 또한 복잡하고 세밀한 작업을 수행할 수 있는 다양한 그리퍼(gripper)가 개발되고 있어 건축분야에서 로봇의 적용 가능성이 점점 무한해지고 있다. 다양한 크기와 형태의 물체를 스스로 인식하고 집거나 혹은 집은 것을 단순히 옮기거나 또는 집은 것을 쌓고 조립하거나 접합하는 등의 용도로 활용 할 수 있다는 것이다. 예를 들어 단순 박스형의 벽돌을 옮기거나 쌓을 수 있을 뿐 아니라, 한 단계 나아가 각각의 벽돌 부재를 건축물의 형태에 맞게 디자인하고 가공하여 컴퓨터 상에서 디자인한 모습 그대로 조립할 수도 있다. 부재 가공 영역에서만이 아니라 로봇이 스스로 직접 이동하면서 건축사가 컴퓨터에 설계해 놓은 대로 건축물을 조립하고 만들어 가는 영역으로 차츰 확대되고 있다.

우리나라의 경우, 현대중공업에서 로봇을 생산하고 있지만 그 적용이 차체 조립 및 물건 운반과 같은 산업에 집중되어 있는 반면 ABB 나 KUKA 그리고 Stäubli 같은 회사들은 단순 생산라인의 한계에서 벗어나 다방면에서 로봇의 새로운 가능성에 도전하고 있으며. 이와 관련된 연구에 지원을 아끼지 않고 있다. 그리고 일련의 연구들을 거치면서 로봇의 적용이 생산성 향상, 공기 단축이나 원가 절감과 같은 현실적 수준의 문제뿐 아니라 예술적 경지, 예를 들자면, 장인의 제작 행위를 모방하여 작품을 가공 및 제작 하는 경지까지 점점 확대되고 있는 실정이다.



워크숍에 참가한 학생의 작품

들과 함께 건축에 응용 가능한 로보틱스 워크숍도 진행하였으며, 워크숍에서 참가자들은 단순히 산업용 로봇에 대한 이해도를 높이는 수준을 넘어, 그것의 건축 및 디자인적 활용 가능성을 직접 체험하고 실험해 보는 기회도 가지게 되었다.

건축산업에서 로봇을 활용한 디자인과 건축물 제작에로의 응용은 새로운 개척 분야로 등장하고 있고 그 기대치도 점점 증대되고 있다. 컴퓨터로 가상현실 속에서 작업하고 경험하던 건축을 넘어 상상하던 건축을 실제로 정확하게 구현하는 시대로 접어들고 있다. 로봇을 활용한 건축은 시공 자동화나 생산성 향상의 수준을 훨씬 뛰어넘어, 창의적인 지식산업으로서의 상당한 부가가치를 창출할 수 있다. ㉮



ABB의 후원으로 진행된 2014 로보틱스 워크숍

이러한 상황속에서 인하대학교 건축학과 D-LAB은 몇 년 전부터 국내 최초로 산업용 로봇의 건축적 적용 가능성에 주목해 왔고, 현재는 여러 관련 연구들도 진행 중에 있다. 최근 그 동안의 연구와 경험을 바탕으로 그리고 ABB의 후원으로 국내 건축과 학생

*공동저자: 신동한, 이훈 (이상 인하대)