

해외출장  
보고서

제4차 산업혁명에 따른 건축서비스산업의  
미래변화 전망과 대응전략 연구

## Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018 컨퍼런스 참석

2018.9.11 - 9.17  
스위스 취리히

진태승 연구원

( a u r i ) 건축도시공간연구소



## 차 례

1. 출장 개요 .....	1
2. 출장 결과 .....	3
1) NCCR Digital Fabrication 관계자 면담 .....	3
2) ROB   ARCH 2018 컨퍼런스 .....	8
3) NEST 건축물 답사 .....	13
3. 출장 성과 및 시사점 .....	16
 [부록] 취득자료 .....	 1





## 1. 출장 개요

### 1) 출장 목적

- ROB | ARCH(Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design) 2018 컨퍼런스 참석 및 스위스 NCCR(the National Centre of Competence in Research) Digital Fabrication 방문을 통해 디지털 건축 동향 조사
- 세계 각국의 대학, 국제 건축로봇협회(the Association for Robots in Architecture), 관련 산업체가 공동으로 주최하는 컨퍼런스로 건축 산업에서 가속화되고 있는 로봇을 활용한 디지털 건축 최신 동향 파악
- 이번 컨퍼런스 주관기관인 스위스 the National Centre of Competence in Research(NCCR) Digital Fabrication 관계자 면담을 통해 건축 분야의 디지털 제작 기술에 관한 연구 동향 조사

### 2) 주요 업무수행

#### ① NCCR(the National Centre of Competence in Research) Digital Fabrication 관계자 면담(9.11, 9.15)

- NCCR Digital Fabrication은 스위스 국가과학재단(the Swiss National Science Foundation)의 지원으로 설립된 건축 전문 연구기관으로 건축 분야의 디지털 제작(Digital Fabrication) 증진을 위한 융합 연구 추진
- 위 기관의 중점 연구분야 및 정부 지원사항, 건축 분야에서 로봇 기술을 활용한 디지털 제작(Digital Fabrication) 관련 연구 동향, 연구성과 확산 방안 등에 관한 조사 및 자문

#### ② ROB | ARCH 2018 컨퍼런스 참석(9.12~9.14)

- 「Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018」 컨퍼런스 논문 및 주제 발표에 참석하여 건축 분야의 로봇 공학 및 디지털 기술 적용에 관한 최신 동향 조사

- ▶ 「Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design」 컨퍼런스
  - 세계 각국 대학, 산업계, 국제 건축로봇협회(the Association for Robots in Architecture)가 공동으로 주최
  - 건축 산업 및 디자인 등 창의적 분야에서 로봇 공학과 디지털 기술을 통한 발전 가능성을 탐구하고 이와 관련 연구자 및 기업 간 국제 네트워크를 증진하는 것을 목적으로 함
  - 2012년을 시작으로 2년마다 개최되고 있으며, 올해는 스위스 NCCR Digital Fabrication과 ETH Zürich(스위스 연방 공과대학)이 주관하여 진행
    - \* 2012년 개최: 유럽(오스트리아, 네덜란드 등)/ TU Graz, TU Vienna, TU delft
    - \* 2014년 개최: 미국/ University of Michigan's Taubman College
    - \* 2016년 개최: 호주/ University of Sydney
    - \* 2018년 개최: 스위스/ NCCR dfab, ETH Zürich
    - \* 2020년 개최(예정): 중국/ Tsinghua University
  - 올해 컨퍼런스 주제는 “RADICAL CROSS-DISCIPLINARITY”(서로 다른 학문간 근본적인 연결과 조합)로 건축 분야에서 물리학 기술과 디지털 기술의 융합과 관련한 연구 논문과 영상 제작물을 발표

### ③ NEST(Next Evolution in Sustainable Building Technologies) 건축물 답사(9.15)

- 스위스 연방 재료 과학 및 기술 연구소(Empa) 내에 디지털 제작(digital fabrication), 모듈러·프리패브 건설 기술 등 최신 연구결과를 적용 및 실험하기 위해 제작된 건축물인 NEST Building 답사

## 3) 주요 일정

일 자	현지시간	출발지	도착지	일 정
9.11(화)	10:20~18:15	인천	취리히	출국
9.12(수)	10:00~13:00	취리히		[기관 면담] NCCR Digital Fabrication 관계자 면담
	16:00~19:00			
9.13(목)	09:00~19:30			[컨퍼런스 참석] ROB   ARCH 2018 컨퍼런스 참석
9.14(금)	09:00~18:00			
9.15(토)	09:00~15:00	취리히 ↔ 뒤벤도르프		[답사] NEST 실증 건축물 답사
9.16(일) ~ 9.17(월)	10:55~08:20	취리히	인천	귀국

## 2. 출장 결과

### 1) NCCR Digital Fabrication 관계자 면담

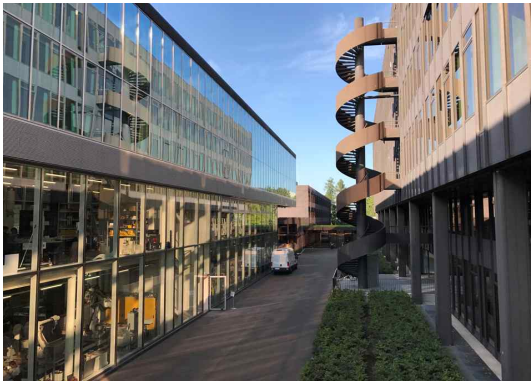
#### □ 면담 개요

- 일 시 : 2018.9.12(수), 10:00 ~ 12:00/ 9.15(토) 19:00 ~ 20:00
- 장 소 : 취리히 연방 공과대학(ETH Hönggerberg) 내 HIB Building
- 내 용 : 기관의 중점 연구 분야 및 정부 지원사항, 건축 분야의 디지털 기술 활용 및 연구 동향, 연구결과의 확산 방안 등에 관한 조사 및 자문
- 참석자 : 권현철 박사 연구원(PhD researcher), 진태승 연구원

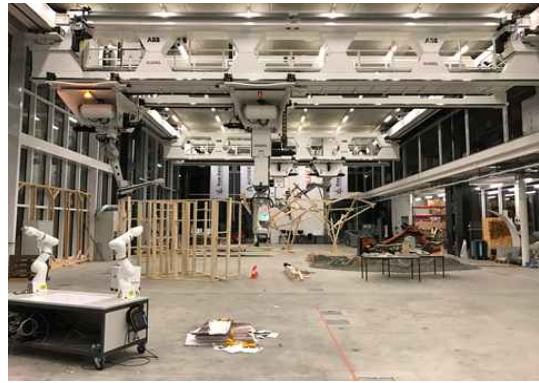
#### □ NCCR Digital Fabrication(이하 NCCR dfab) 개요

- NCCR dfab은 건축 분야에서 디지털 기술과 물리적 건축 프로세스의 통합을 선도하기 위해 2014년 6월부터 스위스 국가과학재단 지원 하에 취리히 연방 공과대학(ETH Zürich)에 기반을 두고 추진 중인 연구 프로그램
  - 스위스 국가과학재단(SNSF, the Swiss National Science Foundation)의 NCCR(National Centre of Competence in Research) 프로그램은 과학, 비즈니스와 사회의 미래를 위해 전략적으로 중요한 분야의 연구를 지원
  - NCCR 프로그램은 한 개 이상의 고등교육 기관에 기반을 두고 스위스 내 또는 국제 협력 네트워크를 구성하여 추진
  - NCCR dfab은 주관기관(Home Institute)인 취리히 연방 공과대학(ETH Zürich)과 로잔 공대(EPF Lausanne) 등 여러 파트너 기관으로 구성
- 스위스 국립과학재단은 NCCR dfab 1단계(2014~2018) 연구에 1,340만 스위스 프랑(한화로 약 154억)을 지원하였고, 현재 2단계 연구(2018~2022)를 준비 중(연구기간은 최대 2026년까지 연장 예정)
- NCCR dfab은 건축 분야에서 디지털 제작(Digital Fabrication)의 도입을 증진하기 위해 설계, 구조 디자인, 재료 과학, 컴퓨터 과학, 제어 시스템 공학, 로봇 공학 등 다학제간 융합 연구를 지향하며 건축 뿐 아니라 다양한 분야의 연구자 및 기술자가 참여하는 것이 특징('18년 현재 60여명)

- 건축 분야의 디지털 제작에 관한 전문적인 연구를 위해 2015년 취리히 공과대학 내 연구동을 신축하고 맞춤형으로 제작된 대형 로봇 등 고가의 연구 장비들을 구비한 연구실(Robotic Fabrication Laboratory)을 마련
- 이곳에서 다양한 국제 워크숍과 교류 행사가 진행되며, 전 세계 여러 연구 기관, 업체 등에서 이를 참고하기 위해 방문하고 있음
- 해당 연구동은 NCCR dfab의 주요 구성원이 소속되어 있는 취리히 공과대학 건축기술연구소(Institute of Technology in Architecture)로 함께 쓰이고 있음



NCCR dfab 연구시설 전경(좌측 건물)



연구시설에 맞게 주문 제작된 대형 로봇 장비



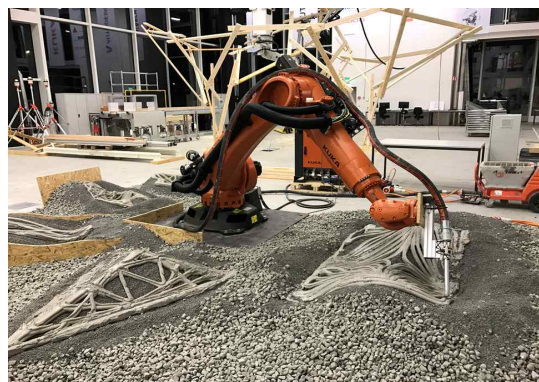
연구시설 내 중형 로봇 장비



연구시설 내 3D 프린터실



NCCR dfab에서 개최된 ROB | ARCH 2018 워크숍 전경

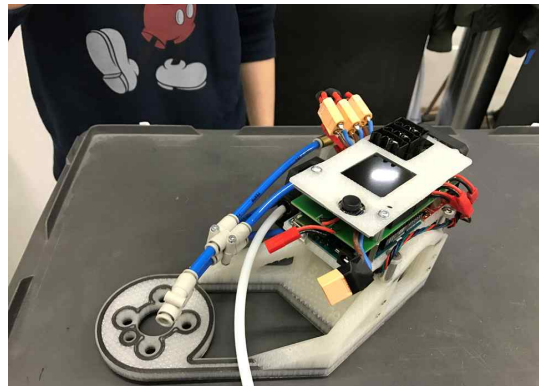


## □ NCCR dfab 중점 연구분야

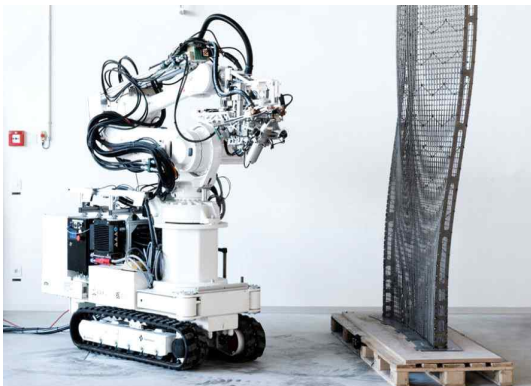
- NCCR dfab의 중점 연구분야는 크게 On Site Digital Fabrication(현장 디지털 제작), Bespoke Digital Prefabrication(맞춤식 디지털 사전 제작), Sustainability Assessment(지속가능성 평가)로 구분
- On Site Digital Fabrication(현장 디지털 제작)
  - 건축 현장에서 바로 로봇을 통한 디지털 제작이 가능하도록 관련 기술을 개발하고, 이로 인한 로봇과 로봇, 로봇과 작업자 간 협력방식 등 건축 방식의 새로운 표준을 마련하는 연구 분야
  - 이는 단순한 건설 자동화가 아니라 컴퓨터 디자인(computational design)과 건설 현장 프로세스의 통합을 통해 건축 자체의 혁신을 추구
  - 다양한 현장 제작(이동 가능한) 로봇 기술 개발(In Situ Fabricator), 거푸집 폐기물이 없고 저비용으로 자유로운(비표준) 형태의 콘크리트 구조를 가능하게 하는 메쉬 몰드(Mesh Mould) 개발 등을 추진 중



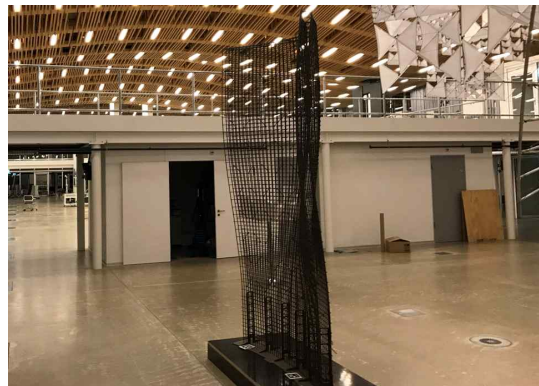
로봇을 통한 제작 실험



로봇에 장착하기 위해 실험 제작한 패브리카이터



현장 제작 로봇으로 만든 콘크리트 벽체용 메쉬 몰드  
(출처: [http://dfabhouse.ch/in\\_situ\\_fabricator/](http://dfabhouse.ch/in_situ_fabricator/))



NCCR dfab 연구시설 내 메쉬 몰드(목업)

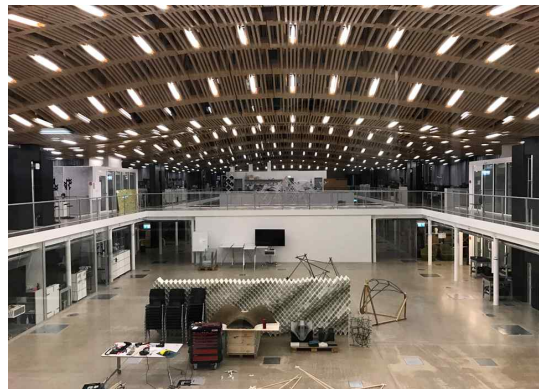


○ Bespoke Digital Prefabrication(맞춤식 디지털 사전제작)

- 차세대 건축 산업에서 중요하게 대두될 대량 맞춤형(mass customization) 건축 트렌드를 선도하기 위해 기둥, 지붕, 벽체 등 건물 구성 요소를 고도로 맞춤화 디지털화 된 프리패브리케이션 방식으로 제작조립하는 기술을 개발하는 분야
- 건축 산업에서 프리패브리케이션 방식이 전혀 새로운 것은 아니나 디지털 제조(digital fabrication) 기술을 적용하는 것은 미개척 분야로, 본 연구는 프리패브 설계 및 건설 프로세스를 디지털 방식으로 통합하는 것을 목표로 함
- 이는 스마트팩토리과 같이 보다 체계화된 맞춤형 사전제작 인프라를 통해 건축 품질 및 효율성을 높이고 건설 폐기물을 줄이는 데에도 효과적임
- 여러 대의 로봇, 3D 프린터 등을 통해 건물 구성 요소를 맞춤형으로 디지털화하여 제작할 수 있도록 다양한 건설 재료 및 접합 시스템을 개발할 뿐 아니라 이러한 기술 진보에 따른 건축 디자인의 새로운 가능성을 실험 중



여러 대의 로봇을 통한 목구조 구축 실험  
(ROB | ARCH 2018 워크숍)



프리패브 방식으로 제작된 지붕  
(NCCR dfab 연구시설)



3D 프린팅으로 제작된 비정형 콘크리트 기둥(목업)  
(NEST 빌딩에 실제 적용)



3D 프린팅으로 제작된 콘크리트 슬래브와 벽체(목업)  
(NEST 빌딩에 실제 적용)

- Sustainability Assessment(지속가능성 평가)
  - 건축 분야의 디지털 제작 기술이 환경에 미치는 기회 및 위험 요소를 파악하는 것으로 최근 연구의 필요성이 제기되어 새로 추가된 분야
  - 지속가능성 측면에서 디지털 방식으로 진행한 건축 프로젝트와 기존 건축 방식의 프로젝트를 비교·평가하여 지속가능성 확보를 위한 건축 과정의 최적화 기준을 마련하는 것을 목적으로 함
  - NCCR dfab이 참여한 “DFAB HOUSE”(NEST 빌딩의 일부 유닛)와 같은 실제 프로젝트를 대상으로 생애주기평가(LCA, Life Cycle Assessment) 등을 추진 중

#### □ 연구 성과의 확산 방안과 향후 전망

- 일반적으로 다른 대학에서 디지털 기술에 대한 개념적이고 실험적인 연구를 진행하는 데 비해 NCCR dfab은 가까운 미래에 건축 현장에서 실제 적용이 가능한 기술을 개발하는 데 중점을 두고 있음
- 본 분야의 연구는 기술적으로는 상당한 진척이 있으나 건설의 정확성 확보, 건설비용 절감 등 산업계에 보편적으로 적용되기 위한 선결과제가 남아있어 연구 성과가 널리 확산되기 데는 일정 시일이 걸릴 것으로 예상
- NCCR dfab에서는 연구 성과 확산을 도모하기 위해 스위스 내 타 연구기관 및 관련 산업체와 협력하여 실제 시범 프로젝트(e.g. NEST 빌딩)에 참여함으로써 연구 성과를 실증하고 산업으로의 확산 가능성을 검토 중
- NCCR dfab은 중장기적으로 첨단 설계 및 건축 프로세스와 관련된 복잡한 과제를 해결하기 위한 플랫폼을 지향하고 있으며 최첨단 연구시설을 기반으로 타 연구기관과의 협력, 산업체의 지원 및 협력, 각종 워크숍 및 세미나, 교육(석사과정 등 전문가 양성 과정) 등을 통해 연구 성과 확산을 지속적으로 도모



NCCR dfab 방문 사진

## 2) ROB | ARCH(Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design) 2018 컨퍼런스

### □ 컨퍼런스 개요

- 일 시 : 2018.9.12(수), 17:00 ~ 9.14(금) 19:00 ~ 20:00
- 장 소 : 취리히 연방 공과대학(ETH Hönggerberg) 내 HPH Building
- 주 관 : NCCR Digital Fabrication, ETH Zürich
- 후 원 : Autodesk, Kuka, Arup, Boston Consulting Group, Sika, ERNE AG Holzbau, Moog, Bachmann Engineering
- 내 용 : 건축, 예술 및 디자인 분야에서 로봇 및 디지털 기술 융합에 관한 주제 강연, 전문가 토론, 연구 논문 및 영상 제작물 발표
- ※ 컨퍼런스에 앞서 전문가와 학생이 참여하는 워크숍(9.9~9.12) 개최
- 참석자 : 건축, 엔지니어링, 컴퓨터 과학, 로봇 공학 및 재료 과학 분야의 연구자 및 실무자 400여명
- 주요 일정

날짜	시간	주제	비고
9.12 (수)	17:00~19:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 등록, 기조 강연 및 패널 토론</li> <li>- 강연자 : Chris Luebke(Arup Foresight)</li> </ul>	
9.13 (목)	09:00~10:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강연 : Mette Ramsgaard Thomsen(Cita, Kadk)</li> </ul>	
	10:15~17:45	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨퍼런스 세션 1</li> <li>- 재료와 프로세스(Material and Processes)</li> <li>• 컨퍼런스 세션 2</li> <li>- 건설과 구조(Construction and Structure)</li> <li>• 컨퍼런스 세션 3</li> <li>- 적용과 실행(Application and Practice)</li> </ul>	
	17:45~18:15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강연 : Philip Yuan(Archi-Union/ Tongji Univ.)</li> </ul>	
9.14 (금)	09:00~10:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강연 : Jonas Buchli(Deepmind)</li> </ul>	
	10:15~12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨퍼런스 세션 4</li> <li>- 디자인과 시뮬레이션(Design and Simulation)</li> </ul>	
	13:30~15:15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨퍼런스 시상식 및 패널 토론</li> </ul>	
	10:00~16:45	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨퍼런스 세션 5</li> <li>- 제어와 제작(Control and Fabrication)</li> </ul>	
	16:45~17:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐회</li> </ul>	



## □ 주제 강연 및 패널 토론 주요내용

- Arup Foresight 디렉터인 Chris Luebke만은 기조 강연(“Towards Digital Building Culture”)에서 건축(건설) 산업의 발전이 더딘 점을 지적하며 불편한 것은 모두 바꿀 수 있다(“Everything inconvenient can be changed”)라는 생각으로 건축(건설) 산업에서 디지털 문화의 확산을 위한 공동의 노력을 강조
- 덴마크 왕립예술대학 IT 건축 센터(CITA) Mette Ramsgaard Thomsen 교수는 정보 기반의 건축 프로세스 모델과 새로운 재료 시스템에 관한 작업을 소개하며 이러한 것이 건축의 새로운 프로토타입을 창조하는 과정으로서 의미가 있다고 설명
- 중국 통지 대학 건축과 교수이자 Archi-Union의 창립자인 Phillip Yuan은 자신이 참여한 다수의 실제 건축 프로젝트 소개를 통해 건축 디자인, 구조·성능·시공 시뮬레이션 및 최적화, 부재 제작 및 조립 과정에 이르는 디지털 제작(digital fabrication) 실행의 상세한 프로세스를 설명
- 마지막 강연을 맡은 Deepmind 연구원(前 취리히 공과대학 기계공학과 교수) Jonas Buchli는 로봇공학을 통해 건축 분야의 당면 과제(숙련된 기술자 부족, 열악한 노동 조건, 제한된 생산성, 부정확한 시공 품질 및 프로세스 등)를 해결할 수 있으며 이를 위해서는 NCCR dfab에서의 작업과 같이 여러 분야 전문가들의 협업이 중요함을 강조
- 두 차례에 걸친 패널 토론에서는 이 분야의 실험적인 연구와 실무 프로젝트가 어떻게 산업계로 확산될 수 있을 것인지에 관해 여러 의견이 제시되었음
  - 인간의 노동을 대체하는 것으로서 로봇의 활용을 경계하는 이들이 있으나 로봇과 인간은 대척점에 있지 않고 인간이 할 수 없는 작업을 컴퓨터(로봇)는 할 수 있을 거라 생각하는 것이 중요
  - Chris Luebke만은 디지털 건축 문화 확산을 위해 3T(Tool, Team, Time)가 필요함을 강조. 건축(건설) 분야 종사자들이 건축 도구(Tool)의 변화를 보다 적극적으로 받아들이고 다분야 전문가들로 팀(Team)을 변화시키도록 노력해야 하며 이를 위해서는 아직 시간(Time)이 필요할 것이라는 의견
  - 건축(건설) 산업의 디지털 전환을 도모하기 위해서는 신기술 적용 건축물에 대한 정부의 인센티브(e.g. 싱가포르의 프리패브 건축물에 대한 용적률 보너스 제도 운영)도 하나의 방안이 될 수 있음

- 첨단 기술을 적용하는 것이 시장(비용, 디자인 등의 측면)에서 유리하다는 것을 입증할 수 있는 실증적인 연구와 프로젝트가 계속되어야 할 것
- 본 연구 분야의 빠른 발전과 산업으로의 확산을 도모하기 위해서는 관련 지식과 오픈소스 등을 공유할 수 있는 플랫폼 구축이 필요



주제 강연 및 패널 토론

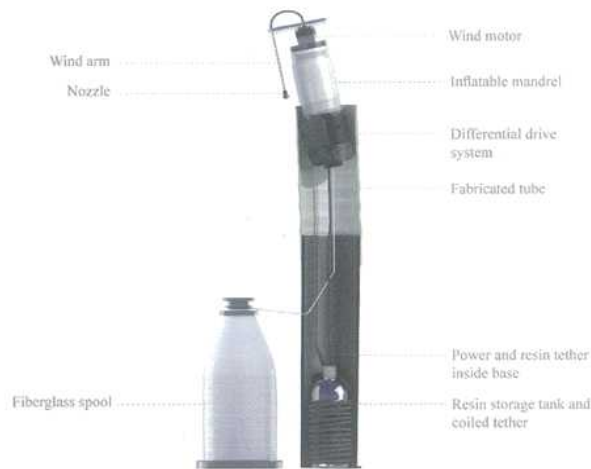
#### □ 컨퍼런스 발표 주요내용

- 컨퍼런스에서 발표된 총 35개의 연구는 디지털 기술과 로봇 공학을 접목하여 독창적인 건축적 표현, 재료 및 공정의 효율성 제고, 새로운 건축재료 등의 측면에서 새로운 건축 기법의 가능성을 제시
- 본 연구들은 대부분이 이론적인 연구가 아니라 실제 디지털 제작(digital fabrication) 실험을 통한 물리적 결과물을 토대로 하고 있음
- 이와 같은 연구의 특성상 건축을 위한 로봇 제작, 제어 및 시공 기술과 함께 새로운 건축 재료 또는 콘크리트 등 기존 건축 재료를 다루는 방식에 관한 실험이 활발히 이루어지고 있음

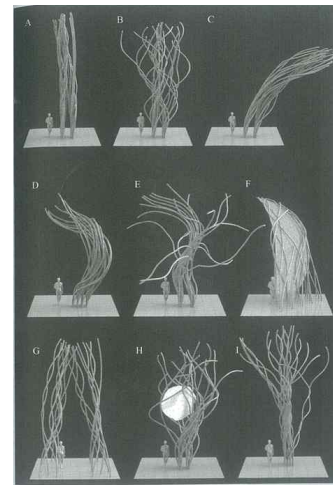
- 이번 컨퍼런스에 제출된 논문 중 독창적인 시도로서 디지털 제작의 새로운 가능성을 제시한 3편을 우수 논문(Young Potential Best Paper)으로 선정

- “FIBERBOTS; Design and Digital Fabrication of Tubular Structures Using Robot Swarms”, Markus Kayser 외(The Mediated Matter Group, MIT)

: FIBERBOTS는 섬유유리 필라멘트를 감아 높은 강도의 튜브 구조를 만들도록 제작 설계된 로봇 무리(Robot Swarms)로 이는 개별적인 로봇에 장착된 센서와 설계 매개변수를 통해 여러 대의 로봇은 각자 결정된 경로를 따라 설계자의 지속적인 명령 없이도 튜브의 길이 및 곡률을 스스로 제어할 수 있음. 매개변수에 따라 다양한 형태의 구조가 생성될 수 있으며 미래의 협력적인 로봇 시스템의 가능성을 보여주고 있음



개별 FIBERBOT의 구성 요소



매개변수에 따른 생성(generative) 구조

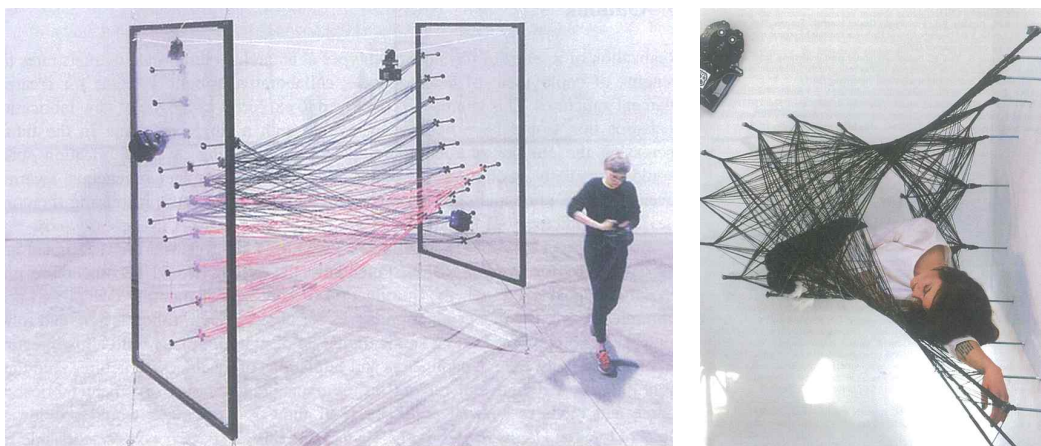


FIBERBOTS을 통한 구조 생성과정

(출처: Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018 논문집, pp.286~296)

- “Towards the Development of Fabrication Machine Species for Filament Materials”, Maria Yablonina and Achim Menges(Institute for Computational Design and Construction, Univ. of Stuttgart)

: 독일 슈트트가르트 대학 ICD 연구소에서는 로봇을 통해 필라멘트 재료에 특화된 구조 제작 시스템을 지속적으로 연구 중. 이번 논문에서는 수직과 수평 방향으로 움직이는 이형 로봇간의 협력 시스템을 통해 필라멘트 재료를 새롭게 구성하는 실험을 소개하였음. 이는 하나의 프로젝트에서 서로 다른 목적으로 제작된 로봇이 협력할 수 있는 가능성을 제시

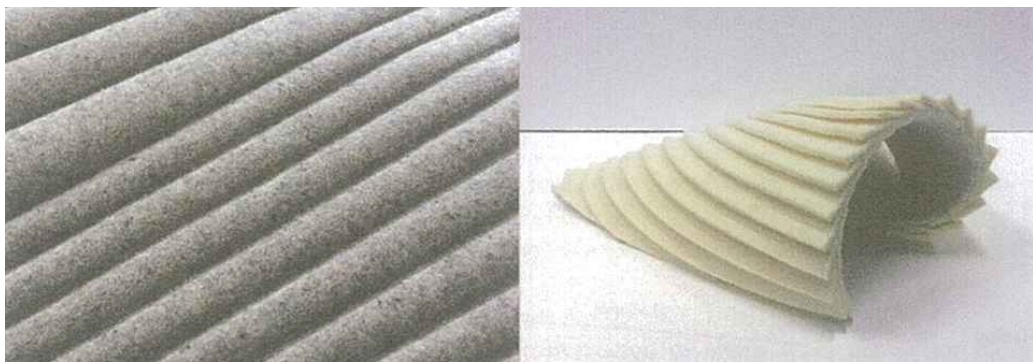


이형 로봇간 협력 시스템을 통한 시범 제작 과정

(출처: Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018 논문집, pp.152~166)

- “Hard + Soft: Robotic Needle Felting for Nonwoven Textiles”, Wes McGee, Tsz Yan Ng, Asa Peller, Univ. of Michigan, Ann Arbor

: 기존의 시간·노동 집약적인 펠트(부직포와 같은 직물) 가공 방식을 로봇을 활용한 디지털 방식으로 전환함으로써 펠트를 다양한 재료적 특성을 가진 맞춤형 기하학적 형상으로 가공하는 데 초점을 맞춘 연구



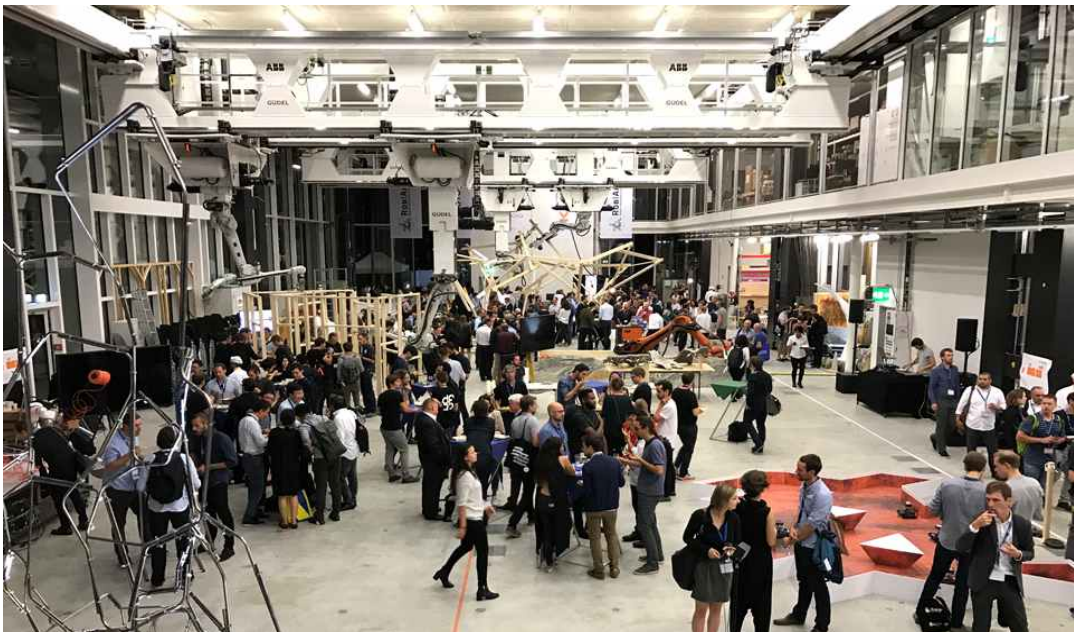
퀼트 기법을 발전시킨 3차원 형태

(출처: Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018 논문집, pp.192~204)



## □ 시상식 및 부대행사

- 컨퍼런스에서는 Robotic(Digital) Fabrication 분야의 발전에 공헌한 기관 및 관계자에게 시상을 하여 국제적인 네트워크 구축과 공동의 발전을 도모
  - Community Contribution Award: 유럽의 로봇공학자 및 비즈니스 네트워크인 euRobotics의 Bernd Liepert 박사
  - Pioneering Industry Award: 미국 소재의 건축(건설)부문 3D 프린팅 기업 Branch Technology 창업자 Platt Boyd
  - Pioneering Achievement Award: 노르웨이의 세계적인 건축설계사무소 Snøhetta의 Carsten Løddesøl and Kjetil Traedal Thorsen
  - Technology Transfer Award: 중국 칭화대 Xu Wieguo 교수
  - Pioneering Research Award: Deepmind의 로봇공학자 Jonas Buchli (前 ETH Zürich 교수)
- 컨퍼런스 논문 및 워크숍 우수팀에게는 시상과 함께 후원기관이 제공하는 상금이 수여되어 본 분야의 지속적인 연구가 촉진되도록 격려
- 이 외에도 컨퍼런스 기간 동안 만찬 등을 통해 전 세계 관련 연구자 및 실무자간 네트워킹의 기회를 제공



Robotic Fabrication Lab에서 진행된 만찬

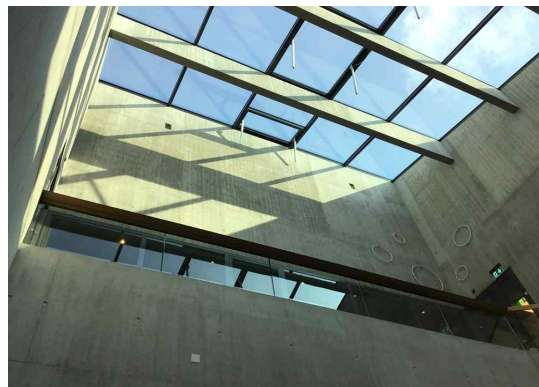
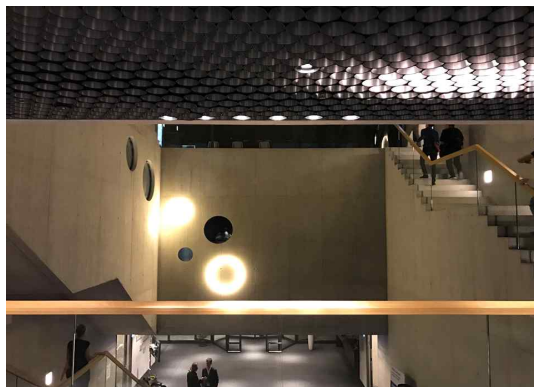
### 3) NEST(Next Evolution in Sustainable Building Technologies) 건축물 답사

#### □ NEST 개요

- NEST는 새로운 건축 기술, 재료 및 시스템 등을 현실적인 조건에서 실험, 연구 및 검증함으로써 혁신적인 건축 프로세스를 시장으로 확산시키기 위해 만들어진 실험 건축물
- 본 건축물은 스위스 연방 재료 과학 및 기술 연구기관(Empa, the Swiss federal laboratories for material science and technology)을 중심으로 NCCR dfab 및 취리히 연방 공과대학, 관련 산업체 등이 협력하여 구축
- NEST는 디지털 건설 제작, 에너지 기술, 재활용 자재 등이 적용된 주거, 업무, 운동시설, 연구 공간 등 여러 유닛으로 구성된 모듈러 건축방식으로 현재에도 새로운 모듈 유닛이 추가적으로 계획되고 있음



NEST 외부 전경(현재 시공 중인 부분이 DFAB HOUSE 유닛)  
(출처: (좌)empa 홈페이지(<https://www.empa.ch/web/nest/downloads>), (우)직접 촬영)



NEST 내부 전경

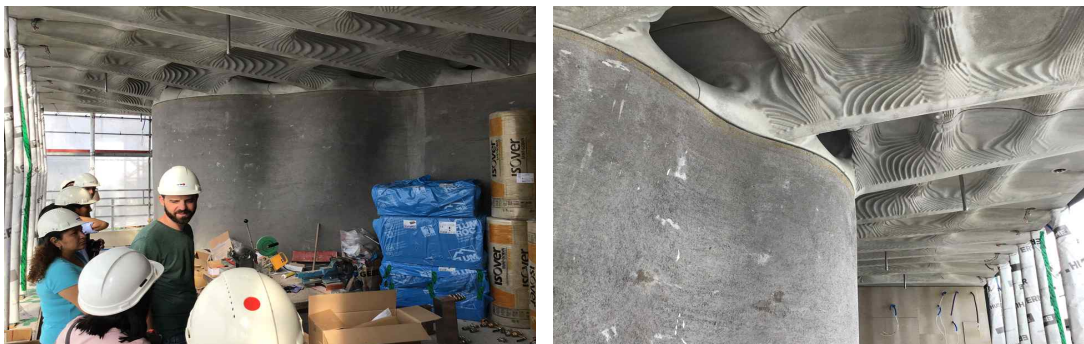


## □ DFAB HOUSE 유닛

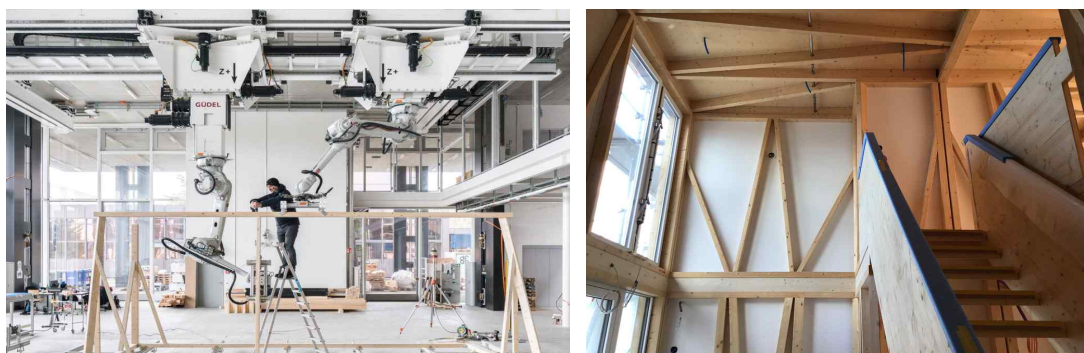
- NEST 건축물의 일부인 DFAB HOUSE는 NCCR dfab의 디지털 제작 기술(digital fabrication) 연구 성과를 적용해 건축 중인 유닛
- 이 유닛에는 현장 제작 로봇(In situ Fabricator)을 통해 제작한 콘크리트 벽체 시공용 메쉬 몰드(Mesh Mould), 3D 프린터로 만든 가볍고 기하학적 형상의 슬래브(Smart Slab), 로봇으로 사전 제작된 목재 프레임(Spatial Timber Assemblies) 등이 적용



현장 제작 로봇을 통한 메쉬 몰드 제작 과정  
(출처: [http://dfabhouse.ch/in\\_situ\\_fabricator](http://dfabhouse.ch/in_situ_fabricator))



메쉬 몰드에 콘크리트 시공이 완료된 벽체와 3D 프린팅한 장식적인 디자인의 슬래브



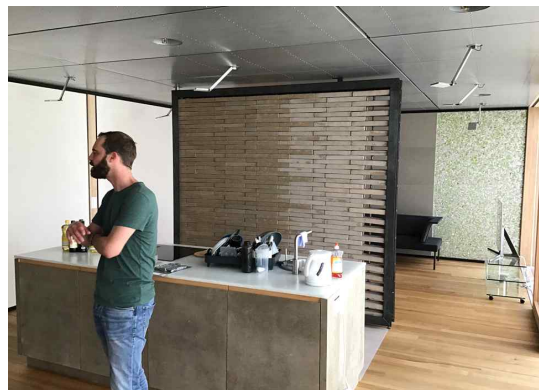
NCCR dfab 연구시설에서 사전 제작된 목재 프레임(좌)과 시공 완료된 모습  
(출처: (좌)[http://dfabhouse.ch/spatial\\_timber\\_assemblies/](http://dfabhouse.ch/spatial_timber_assemblies/), (우)직접 촬영)

## □ 기타 유닛과 기술 요소

- Solar Fitness & Wellness : 피트니스 기구에서 발생하는 운동에너지, 지붕 및 파사드를 통해 생산되는 태양 에너지, CO2 히트펌프 등을 활용하여 화석 연료를 사용하지 않고 운영되는 운동시설
- Urban Mining & Recycling : 건축하는 데 필요한 모든 자재가 재활용 또는 재사용이 가능하거나 썩어 없어지는 재료만을 사용해 만든 유닛으로 향후 게스트하우스로 운영될 계획
- SolAce : 전기 및 온수 생산이 가능하도록 건물 파사드에 태양광 모듈 및 태양열 수집기가 장착된 유리판, 빛과 열을 조절하는 다양한 에너지 기술이 적용된 유닛
- ehub : 건물 전체의 에너지 및 물 관리 시스템으로 건물의 에너지 및 물 사용 패턴을 분석하여 에너지 효율을 높이고 이산화탄소 발생을 줄일 수 있도록 최적화하는 기술



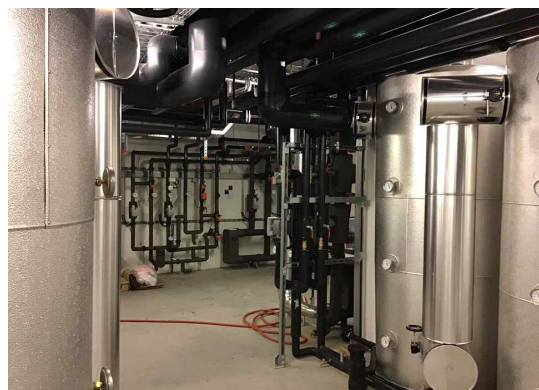
태양 에너지 등을 이용하는 운동시설



모든 건축 자재를 재활용 소재로 만든 유닛



파사드(파란색 부분)를 통해 태양 에너지를 모으는 유닛



건물 지하에 위치한 ehub 설비



### 3. 출장 성과 및 시사점

#### □ 미래 건축 산업 트렌드인 Digital Fabrication에 관한 최신 동향 파악

- 건축 분야에서 디지털 제작 기술의 도입은 고도화된 맞춤형 생산이 가능하게 하고, 건설 과정에서 재료 및 공정의 낭비를 줄일 수 있을 뿐 아니라 혁신적인 건축 디자인을 시도하기 용이하다는 점에서 건축(서비스) 산업의 성장 동력으로 작용할 수 있음
- 건축에서 디지털 제작에 관한 연구 및 실무는 단지 자동화된 건설방식의 도입이 아니라 설계, 엔지니어링, 시공, 운영관리에 이르는 전체 건축 프로세스의 효과적인 통합을 지향하고 있음
- 현재 건축 분야의 디지털 제작 기술은 아직 현장에 널리 적용되기에는 어려운 단계이나 디지털 기술과 물리학 기술의 발전이 가속화됨에 따라 가까운 시일 내에 보편화될 가능성이 높다고 할 수 있음

#### □ 건축(서비스)산업 혁신을 위해 Digital Fabrication에 대한 관심과 투자가 필요

- 디지털 제작 기술은 건설 산업 뿐 아니라 건축서비스산업의 근본적인 변화와 혁신을 이끄는 핵심동인으로 작용할 것으로 예상됨
- 스위스 정부는 건축 산업에서의 디지털 제작 기술개발을 미래 산업 발전을 위한 대응과제 중 하나로 인식하고 NCCR dfab을 통해 선도적인 연구 지원 프로그램을 진행 중
- 또한 미국을 위시한 전 세계의 연구기관과 일부 혁신 기업이 디지털 제작에 관한 실험적인 연구와 프로젝트를 다년간 진행하고 있으며, 특히 이번 컨퍼런스에서 확인한 바와 같이 이 분야에서 중국의 발전이 매우 두드러짐
- 반면 우리나라의 경우 전반적으로 이 분야에 대한 이해가 부족하여 교육 및 연구 여건이 열악하며 국제적인 학술 교류도 매우 부족한 상황
- 건축(서비스)산업의 혁신을 위해서는 건축 분야 내에서 대응방안을 모색하기 보다 디지털 제작 연구를 위해 다분야(컴퓨터, 로봇, 재료 과학 등) 연구자 및 실무자가 협업할 수 있는 플랫폼 구축에 민관이 함께 투자할 필요

## [부록] 취득자료

- Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018 컨퍼런스 논문집

