

일본의 유지관리 관련 건설CT 기술개발 사례소개



김정곤 전자부품연구원 책임연구원
최창훈 동경이과대학 조교수

KICEM

I. 서론

일본은 세계적으로 건설분야에 ICT기술을 가장 적극적으로 활용하고 있는 나라 가운데 하나이며, 일본의 대형건설사들은 오래 전부터 기업의 경쟁력 확보 및 생산성 향상을 위하여 독자적으로 건설 정보화 및 자동화 기술을 개발하여 현장에 적용해 오고 있다. 2017년 7월에는 일본의 대형건설사 가운데 하나인 시미즈건설이 자율형 현장 로봇시스템의 구축을 발표하였다. BIM(Building Information Modeling)을 기반으로 구동되는 자율형 로봇시스템은 수평슬라이딩 크레인(Exter), 기동용접로봇(Robo-Welder), 다능공로봇(Robo-Buddy) 그리고 자동운송로봇(Robo-Carrier) 등 4종류의 수직수평운반 로봇으로 구성되며, 이 시스템을 활용하여 공사를 진행하면 로봇이 투입된 공정에 한해서는 약 70%정도의 인력감축이 가능하다고 한다. 이와 같이 일본의 건설 정보화와 자동화 연구가 본격적으로 추진된 것은 90년대 초 버블경제가 붕괴되면서 부터이며, 수주감소와 건설 생산성 향상이라는 두 가지 과제를 해결하기 위하여 기업들이 현장 인력을 감축시키는 대신 사무OA화, CAD도입, 전용 시공로봇의 개발 등을 진행하였다. 또한, 그 시기 일본 정부에서는 우리나라에서도 추진하고 있는 건설CALS/EC 사업을 추진하여 건설분야의 정보교환 표준 등을 정립하였다. 최근에는 토목분야에 BIM을 적용하기 위해 CIM(Construction Information Modeling)을 개발하여 다양한 시범사업의 시행을 통하여 문제점들을 검토하는 등 실무활용성을 높이기 위한 적극적인 활동을 펼치고 있다. 물론 그 과정에서 수많은 실패를 경험하기도 하였으며, 모든 사업이 성공적으로 추진된 것만은 아니었다. 그러한 시행착오를 포함하여 일본 국토교통성은 그 간의 건설분야 ICT 관련 연구 및 기술개발 성과들을 정리하고 종합적인 생산성 향상을 목표로 2016년에 i-Construction 전략

을 발표하였다. 이러한 일본정부의 장기적이고 일관된 기조의 정책에 맞춰 기업들도 장기적인 안목에서 건설정보화 및 자동화 연구 개발을 추진하고 있다.

한편 설계 및 시공단계에 대한 다양한 투자와 노력에 비해 유지관리에 있어서 일본은, 정밀한 센서 및 계측기술 등을 보유하고 있음에도 상대적으로 ICT기술을 적극적으로 활용하지는 않았다. 그러나 2012년 12월 야마나시현(山梨県)의 중앙자동차도(고속도로) 구간의 사사고(笹子) 터널 천정이 붕괴되는 사고로 큰 인명피해가 발생하면서 유지관리의 핫점들이 적나라하게 드러나게 되었고, 이를 계기로 일본의 시설물 유지관리 체계가 대폭적으로 개편되기 시작하였다. 이러한 영향으로 학계에서도 시설물 유지관리 및 보수에 IoT(Internet of Things) 및 3D프린터 등의 ICT기술을 적극적으로 활용하는 연구가 추진되고 있으며, 피해상상 부위를 효율적으로 발견 및 보수하는 기술 등이 개발되고 있다. 이와같이 일본에서 설계 시공은 물론 유지관리 및 보수공사에도 ICT기술을 적극적으로 활용하고자 하는 것은 고령화와 저출산으로 인한 건설분야의 만성적인 기능인력부족과 경험많은 전문적인 기술자의 부족이라는 근본적인 원인이 있기 때문이다. 이러한 일본의 체계는 세계적으로 유래를 찾아보기 힘든 가장빠른 고령화와 세계 최저수준의 출산율 하락 문제를 겪고 있는 우리나라에게는 다가 올 미래에 대한 대책기술로서 고려해 볼 필요가 있다.

본 고에서는 현재 일본의 동경이과대학의 최 창훈 조교수 및 다양한 전공의 교수들이 모여 수행하고 있는 ICT활용 융합연구 사례를 소개한다. 이 연구는 일본학술진흥회 과학연구비(기반 C) 지원금으로 수행되고 있으며, 연구진은 연구대표자인 최 창

훈 조교수를 필두로 하여 연구분담자으로는 Ito Takumi 부교수(동경이과대학 건축학과), Ishida Kosei 조교수(공학원대학 건축학과) 및 연구협력자로 김 남석 조교수(동경이과대학 건축학과) 등으로 구성되어 연구를 수행하고 있다. 이들은 전체 프로세스의 통합을 통해 효율성을 높이고 유지관리 및 보수공사의 일반적인 업무에 활용이 가능한 수준까지를 목표로 하고 있다. 주요연구내용은 1)건축물에 대한 3D영상해석을 통하여 건물의 변화 및 변형을 감지하고 평가하는 방법과 이를 기반으로 2)내구성과 피해정도를 진단 및 예측하는 기술 그리고 3)사진 및 3D스캐닝한 데이터를 활용하여 3D모델을 작성하고, 3D프린터를 활용해 손상부위를 간편하게 제작하여 보수작업의 효율성을 향상시키는 기술을 개발하는 것이다.

II. ICT활용 유지관리 기술

1. 디지털 패브리케이션 공법을 이용한 건축물 및 시설물의 유지관리 및 보수 기술

1.1 연구의 배경 및 목적

건축물은 일상적인 이용조건에서도 벽체에 구멍이 생기거나, 바닥재가 박리되는 등 크고작은 파손이나 열화가 지속적으로 진행된다. 이렇게 일상적으로 발생하는 파손은 즉시 보수를 하지 않아도 건축물의 이용자에게는 큰 불편함을 주지 않는다. 그러나 작은 파손이나 부분열화를 장기간 수리하지 않고 방치하게 되면, 큰 파손이나 열화의 원인이 될 수 있으므로 가능한 한 빠른 시일내에 보수를 하는 것이 바람직하다. 다만 건축물에 대한 사소한 보수라 하더라도 건물 이용자가 직접 실시하는 것은 어려운 일이며 그때마다 전문 업체를 불러 수리를 실시하게 되면 비용적인 측면 때문에 현실적으로 자주 보수를 한다는 것은 어렵다. 그러나 건축물의 장수명화를 고려 했을 때는 사소한 파손도 즉시 보수를 하는 것이 바람직하며, 이러한 사소한 보수를 보다 편리하게 할 수 있는 기술개발이 요구된다.

건축물의 보수는 손상 정도에 따라서 크게 초등 또는 소규모 수리의 범위에서 재사용 할 수 있는 경우와 구조적인 문제 등을 포함하여 대규모 수선을 실시해야만 재사용 할 수 있는 경우로 나뉜다. 또한 손상 정도에 대한 판단 기준으로서의 첫째, 손상 정도에 맞춘 간단한 보수 기술의 정비, 둘째, 비용(보수 공사비, 공사 기간)의 타당성, 셋째, 보수에 의해서 재사용 할 수 있는 상태로 도달할 가능성 등의 3가지가 고려 된다.

일본에서는 지난 2011년 동일본 대진진 발생시 후쿠시마(福島県) 원자력발전소가 폭발하는 사고가 발생하였는데, 폭발

로 인해 파손된 원자로의 덮개복원 공사에 디지털 패브리케이션 개념을 일부 적용한 바 있다. 고농도의 방사능으로 인하여 현장작업이 어려운 이유로 철골부재와 외부패널 현장 설치작업을 최소화하기 위하여 3D스캐닝을 활용하여 현장을 분석한 다음 복원공사를 위하여 3D 모델을 작성하고 3D프린터를 활용해 모형을 제작해 검토작업을 진행하였다.

1.2 디지털 패브리케이션 기술

2016년 세계경제포럼(Davos Forum)에서 4차산업혁명이 언급되면서 최근 미국, EU, 일본 등 선진국을 중심으로 제조업 진흥책으로써 「디지털 패브리케이션」이 활발하게 연구 및 활용되고 있으며 미래기술정책의 핵심의 하나로 자리잡아가고 있는 상황이다. 더욱이 이미 산업적으로는 최근 10여년 사이에 3D프린터의 활용범위가 건설분야로 빠르게 확산되면서 단기간에 저비용으로 원하는 부재를 간편하게 제작할 수 있는 유용한 수단으로 주목받고 있다.

아래 그림 1은 다양한 매체로부터 얻은 영상정보를 분석하여 3D모델을 작성하고 설계정보 및 이전에 작성된 모델과 비교를 통해 손상부위를 체크하고, 손상부위를 효율적으로 분리해 3D프린터를 활용해 보수부재를 제작하는 디지털 패브리케이션 활용 프로세스를 나타낸 것이다.



그림 1. 디지털 패브리케이션기술 활용 프로세스

디지털 패브리케이션 작업의 각 단계별로 목적달성을 위한 작업 수단, 작업별 난이도와 작업에서 다음 작업으로 넘어가기 위한 작업 난이도 그리고 각 작업의 목표 달성을 위한 요구사항을 정리하면 표1과 같다.

디지털 패브리케이션 기술을 일반화하기 위해서는 단계별로 데이터처리가 표준적으로 정의 되어야만 하며, 특히 아래의 3가지 요소기술은 실제 디지털 패브리케이션의 품질을 결정하는 기술들이다.

- 1) 손상부위에 대한 디지털 기록 방법의 체계화, 3D데이터 처리 및 연계 검토 기술
- 2) 3D데이터와 손상된 부분의 설계 데이터를 활용하여 3D모

표 1. 디지털 패브리케이션 업무절차별 난이도 및 목표 달성을 위한 요구사항

작업순서	작업수단	작업의 난이도	과정	과정의 난이도	요구사항
계측	디지털카메라	쉬움	←	조금 어려움	1. 계측된 보수위치에 대한 기록방법
3D 데이터 작성	3D CAD	조금 어려움	←	조금 어려움	2. 3D 데이터의 처리기술
보수부품설계	3D CAD	조금 어려움	←	조금 어려움	3. 보수공법의 분류 및 정리
가공	3D 프린터	쉬움	←	쉬움	4. 실험계획 및 검토
적용실험	시험체	쉬움	←	쉬움	

델 상에서 보수부위를 추출하고 평가 및 예측하는 기술

3) 디지털 패브리케이션 기술을 이용한 보수 공법의 분류 및 정리, 보수부위에 따른 보수공법 적용 자동판단 기술

그 외에도 실제 디지털 패브리케이션과 같은 신기술이 보수 기술로서 실무적용을 위한 여러조건과 그 적용 가능성 등에 대한 검토를 통해 건축물 및 시설물 유지 보수 분야 도입되기 위한 제도적 뒷받침이 검토되어야 한다.

2. 3차원사진측량방법을 활용한 건축물 유지관리

2.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 아파트가 주요한 주택형태인데 비하여 일본의 주택은 목조 개인주택이 많다. 그 결과 일본의 주택은 스크랩 앤드 빌드형으로 반복되어 왔기 때문에 주택의 수명도 짧고 폐기 등으로 인한 환경 문제가 사회적으로 심각한 상황이다. 주택은 시간의 경과, 관리 상황, 외력(지진, 강풍 등)등의 요인에 의하여 열화 및 손상이 발생하게 된다. 그런데 일반적으로 주택 소유자는 주택 이력 정보의 기록이나 보관을 잘 하지 않아 주택의 이력관리가 불명한 경우가 많다. 대부분의 주택 소유자 및 사용자는 거주하는 주택의 부위, 부재, 설비 기기의 열화가 진행되고 있는 것에 관해 인식하지 못한다. 또한 본래 주택에 상비되어 있어야 하는 주택정보(건물대장 등)가 제대로 관리되지 않은 채로 방치되도 인식하지 못하는 실정이다. 그래서 소규모의 수리로 대응이 가능했던 부위가 방치되었다가 대수선 공사 혹은 해체까지 이어지게 되어 결과적으로 주택의 수명을 단축시키는 원인이 되기도 한다. 주택은 정기적으로 적절한 유지 관리 및 진단을 실시하고, 열화 및 파손 상태의 정확한 파악이 필요하며, 이것이 곧 장수명 주택의 키 포인트가 된다. 따라서 주택 소유자나 사용자가 스스로 간단한 점검을 통해 문제를 파악할 수 있는 기술이 있으면 주택의 장수명화에 기여할 수 있을 것이다.

2.2 3D 모델을 활용한 건축물 진단기술

일반적으로 시공과정이나 준공단계 그리고 사용중에 발생한

하자 등의 문제로 건축물의 상태를 기록하기 위한 방법으로써 주로 사진 촬영 등이 이용되고 있다. 그런데 건축물의 사진 및 영상데이터(2D)를 활용하여 진단하는 경우, 요구되는 적절한 부위의 데이터가 없거나 부족한 경우가 많고 사진의 해상도나 조도 등의 촬영조건에 따라서 손상 부위에 대한 정확한 진단이 어려운 경우가 많았다. 최근에는 보다 정밀도가 높은 3D 모델 작성 프로그램을 활용하면 2D에서는 불가능했던 손상 부분의 체적이나 위치 좌표 및 다양한 각도에서 전 상태와 후 상태의 비교가 가능하게 되었다.

3D 모델을 활용한 건축물 유지관리는 일반적으로 스마트폰이나 디지털 카메라를 활용하여 주택의 2D 사진 데이터를 촬영한 후, 3D 데이터로 변환한 다음 3D 상에서 점검과 진단그리고 정보 수집과 데이터베이스 구축 및 활용을 할 수 있게 하는 기술이다(그림 2).

궁극적으로 최 창훈 조교수 및 공동연구자(Ito Takumi 부교수)가 추구하는 목표는 이 기술의 사용자가 전문가가 아니라 비전문가인 일반인 누구라도 간편하게 자신의 주택에 대해서 열화나 손상 상태를 자가적으로 점검할 수 있게 하는데 있다.

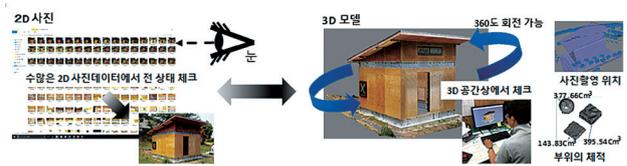


그림 2. 2D 사진과 3D 사진 계측수법의 비교



그림 3. 3D 모델에 의한 손상상태 체크 및 보수의 최소화 검토

이 기술의 핵심사항은 3D 모델 작성을 위한 사진 촬영 기술의 확립, 사진 데이터의 3D 모델 작성 방법의 개발, 유지 관리

를 위한 데이터 및 체크 리스트의 구축의 3가지이다. 날마다 변하는 대상물(주택 등)을 간편하게 스마트 폰이나 디지털 카메라 등을 이용하여 3D 모델을 작성하기 위한 작업의 편이성, 촬영한 사진 화상으로부터 3D 모델을 작성하여 대상물의 전 상태와 후 상태를 3D 모델 상에서 중첩시키는 방법, 3D 모델에서 파손 부위와 형상을 정확히 도출하는 기법의 개발이 중요하다. 그리고 앞서 언급한 두가지의 결과를 토대로 변화된 대상물을 파악·비교하고 3D 모델에 의한 유지관리가 가능하도록 표준적인 형태의 데이터와 체크리스트 등을 개발해서 업무를 지원하는 것이 이 연구의 목표 중에 하나이다.

Ⅲ. 결론

우리나라도 60~70년대 경제발전시기에 건설된 건축물이나 시설물들이 본격적으로 노후화 되는 시기에 접어들었다. 더욱이 고령화와 인구감소가 가속화될 것으로 예상되고 있는 상황에서 경제규모 및 국가 경쟁력 유지를 위해서는 향후 막대한 건축물 및 시설물 유지관리 비용이 필요한 상황이다. 따라서 우리가 사용하는 건축물과 시설물들에 대한 적절하고 경제적인 유지관리 방안을 찾아 장수명화 해야하는 것이 시급한 현실이다.

일본의 동경이과대학 최 창훈 조교수가 연구하고 있는 디지털 패브리케이션기술 및 3차원 사진측량 방법을 활용한 유지관리 기술 연구는 유지관리 이력을 효율적으로 관리할 수 있게 해 줄 뿐만 아니라 보수비용도 절감할 수 있고 주택을 보유한 일반인이 자신의 주택을 스스로 진단해 볼 수 있게 한다는 것은 활용기술과 확산전략 측면에서 우리에게 큰 시사점을 준다.

건축물이나 시설물의 장수명화를 위해서는 구조물의 수명에 영향을 줄 수 있는 손상의 발생을 신속하게 발견하고 보수공사 등의 조치를 해주는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나, 현재 우리나라의 점검 및 보수 체계는 상당한 시간과 돈이 소요되는 구조로 되어 있으며, 건축물이나 시설물의 유지관리는 공무원이나 특정한 기관에 소속된 사람들의 업무로만 인식되고 있다. 이 제는 개념 전환을 통해 안전하고 지속가능한 사회를 만들기 위하여 국민 개개인들이 유지관리에 관심을 가질 수 있도록 직·간접적으로 유지관리에 관여할 수 있게하는 의식전환이 필요한 때라고 사려된다.