

# IT 기반 콘크리트 기술

## IT-based Concrete Technology

**류동우** DongWoo Ryu  
대진대학교 건축공학과  
조교수

**박원준** WonJun Park  
한양대학교 ERICA 친환경건축연구센터  
연구조교수

### 1. 머리말

우리나라의 이동통신 기술에서는 4세대(4G) LTE(Long Term Evolution) 휴대폰, 인터넷 기술에서는 WIBRO(Wireless BROadband internet) 등 세계 최고 수준의 무선 통신 환경을 구축하고 있으며, 초고속 광대역(Broadband) 인터넷 환경 등 정보통신기술(Information and Communication Technology; ICT) 인프라 또한 양적·질적 수준에서도 세계 최고수준으로 인정받고 있다. 이를 기반으로 생산성과 품질의 향상을 도모하기 위한 건설 ICT 활용기술 즉, 정보화시공에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근의 건설프로젝트가 점차 대형화, 고층화, 복잡화 되어감에 따라 건설 산업에서도 IT를 활용한 정보화시공이 필수적으로 요구되고 있는 실정이다. 대표적인 IT 기술로써 RFID(Radio Frequency Identification), 유비쿼터스 및 센서 기술은 관련기술의 안정화와 단가하락에 따라서 급격한 증가추세를 나타내고 있고, 건설 분야에 있어서도 시공 단계와 유지관리 단계에 활용하기 위한 다양한 시도가 진행되고 있다<sup>1)</sup>(그림 1). 이러한 정보화시공은 시공의 효율화 및 합리화에 의한 안전성이나 품질의 향상, 공기단축 등의 장점으로 인해 발주자의 신뢰도를 높이고 노동력 절감 → 생산성 향상 → 비용 감축으로 연결되는 시스템을 구현한다. 즉, 건설 ICT 활용기술을 건설시공에 적용함으로써 시공의 합리화를 도모할 수 있으며, 고도의 품질관리를 실현하여 발주자 및 이용자가 건축물의 품질관리 기록 및 이력을 언제라도 확인할 수 있도록 시공품질의 트레이서빌리티(traceability)가 가능하다.

본 고에서는 건설과 ICT 융복합 활용기술 중에서 RFID 활용 콘크리트 기술 및 무선센서 네트워크(이하, WSN) 관련 기술에 관하여 간단히 소개하고자 한다.

### 2. RFID 활용 콘크리트 기술

#### 2.1 RFID의 개요

RFID라는 기술은 전자 태그에 기록되어 있는 정보를 직접 리더기에 접촉하지 않고, 전파를 이용하여 태그(소형 안테나 내장)에 기록되어 있는 정보를 읽거나 쓰는 기술을 말하며, 이때 사용되는 것이 안테나와 <사진 1>과 같이 리더/라이터라는 장치

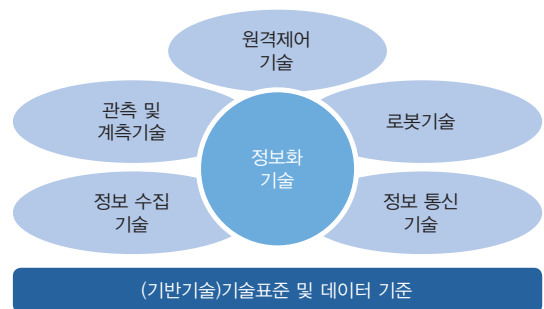


그림 1. 정보화시공의 범위

를 사용하게 된다.

RFID의 장점은 다음과 같다.

- 1) 비접촉으로 통신하기 때문에 숨겨져 있어도 데이터의 읽고 쓰기가 가능하다
- 2) 새로운 데이터를 추가하는 것이 가능하다. 또한 데이터의 변경을 금지할 수도 있다.
- 3) 복수의 IC태그의 데이터를 동시에 읽어내는 것이 가능하다.
- 4) <사진 2>에 나타난 바와 같이 라벨형, 카드형, 코인형, 스틱형 등 각종 형상으로 가공할 수 있다.
- 5) 주파수대에 따라서는 통신거리가 긴 것도 있다.

## 2.2 태그의 종류

태그는 데이터를 저장하는 RFID의 핵심 기능을 담당한다. 태그의 종류를 크게 구분해 보면, 태그가 내부에 장착되어 있는 배터리로부터 전원을 공급받는 능동(active)적인 태그와 유도 커플링에 전원을 공급하여 사용하는 수동(passive)적인 태그가 있다. 수동형의 태그인 경우에는 태그를 보수하거나 수리할 필요가 없기 때문에 거의 반영구적으로 사용할 수 있다. 반면에 능동적인 태그의 경우에는 배터리의 수명에 의해 태그의 수명이 결정되게 되기 때문에 배터리를 교체하면서 지속적으로 사용할 수 있으며, 경우에 따라서는 대용량의 배터리를 사용하고 있는 것들도 있다.

## 2.3 건설 산업에서의 RFID 기반 물류 관리 동향

건설 산업에서의 RFID 활용은 주로 건설장비나 자재, 시설물 유지보수, 노무, 작업자 안전 등의 효율적인 관리를 위한 적용에 주로 진행되어 왔다. 레미콘 차량에서는 레미콘 차량에 RFID를 부착해 물류 및 공정관리에 사용



사진 1. 핸드형 리더/라이터

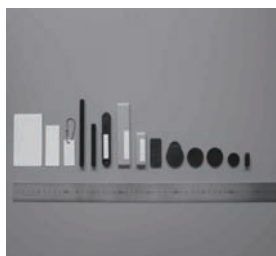


사진 2. 각종 IC 태그

할 수 있다는 시나리오를 제안한 이래로 시공현장의 출입구 및 타설 위치에 안테나를 배치하고 레미콘 차량에 RFID 태그를 부착하여 콘크리트 타설 정보를 수집하는 등 RFID의 기술 적용이 확대되고 있다<sup>2,3)</sup>.

## 2.4 IC태그를 활용한 콘크리트의 트레이서빌리티 확보기술<sup>4)</sup>

콘크리트는 경화전의 반제품과 같은 상태로 레미콘 공장에서 출하되어 건축 현장에 납품된다. 납품시에 슬럼프, 공기량 등의 시험을 실시하지만 “압축 강도는 적정한가?”, “적정한 강도와 내구성을 가지고 있는가?” 등이 판명되는 것은 콘크리트 경화 후(일반적으로 제조로부터 28일 이후)이다. 이 시점에서 부적절한 콘크리트인 것으로 판명되어도 그 회복에는 엄청난 비용과 노력이 필요하며, 공사기간에의 영향도 크다. 이러한 점에서 콘크리트는 다른 산업제품보다 세밀한 트레이서빌리티 확보 체계를 필요로 하는 건축 재료라고 할 수 있다(그림 2). 따라서 콘크리트의 제조·시공 과정에 있어서도 일반적인 굵은 골재 크기인 25mm 이하의 IC전자태그를 매립하여 콘크리트 고유의 식별번호를 부여하고 콘크리트의 제조, 현장에의 운반, 타설, 시공 전·후에 이르기까지 이력정보를 기록·보관한다면 건축물 완료 후에도 하자발생시 원인구명, 보증 책임, 보수 재료·방법의 선정, 품질관리나 검사 등의 합리화·노동력 절감에도 기여하는 등 수많은 효과를 기대할 수 있다.

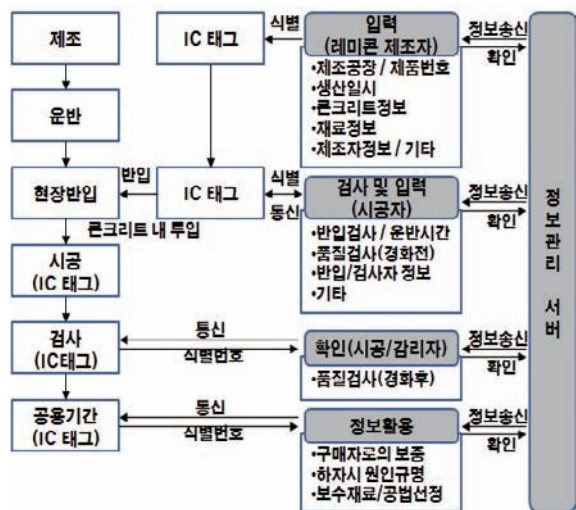


그림 2. 콘크리트 제조·시공과정에 대한 트레이서빌리티 확보기술의 예

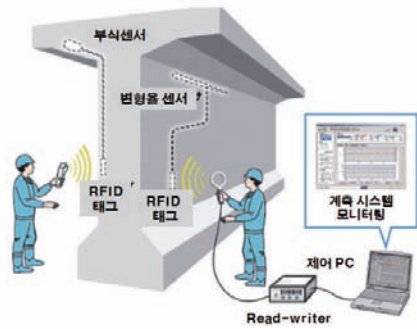


그림 3. RFID구조물진단시스템의 적용이미지



그림 4. RFID 태그의 설치상황(좌) 및 계측상황(우)

## 2.5 패시브형 RFID를 이용한 콘크리트구조물 진단 시스템<sup>5)</sup>

〈그림 3, 4〉는 센서 인터페이스 부착 패시브형 RFID와 접촉한 각종 센서(변형률센서 및 부식환경탐지 센서)를 콘크리트 구조물에 매설하고 구조물 표면에서 리더/라이터의 유도전류에 의해 패시브형 RFID태그의 전원을 공급하여 센서 정보를 취득하는 것으로 구조물의 건전성을 진단하는 비파괴 검사 시스템이다. 간단히 구조물 내부의 상태를 정량적으로 장기간의 정보를 얻을 수 있으며 패시브형이기 때문에 무전원으로 장기간 이용이 가능하다. 한편, 비구조용 콘크리트와 관련해서 2.3절~2.5절에서 언급한 RFID기반 물류 관리와 품질관리는 도로용 콘크리트 타설 및 품질 관리의 경우 〈그림 5, 6〉과 같이 활용될 수 있다.

## 3. 콘크리트-센서 활용기술

콘크리트-IT 융합의 또 다른 핵심기술은 WSN이다. 콘크리트와 WSN 기술은 센서의 적용범위 및 정밀도와 데이터 통신을 담당하는 무선네트워크 기술로 구분하여 설명할 수 있다. 먼저 최근의 센서 기술은 나노기술이나 MEMS(Micro Electro Mechanical System)과 같은 초소형화 기술과 같이 콘크리트 양생온도, 구조물 변형, 시

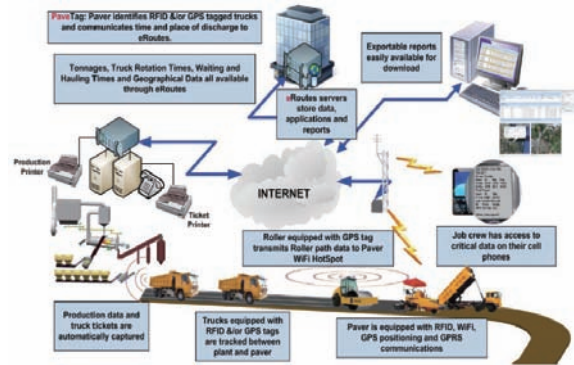


그림 5. RFID를 활용한 콘크리트 도로공사 관리<sup>8)</sup>



그림 6. RFID기반 무선 콘크리트 모니터링 시스템의 예<sup>6,7)</sup>

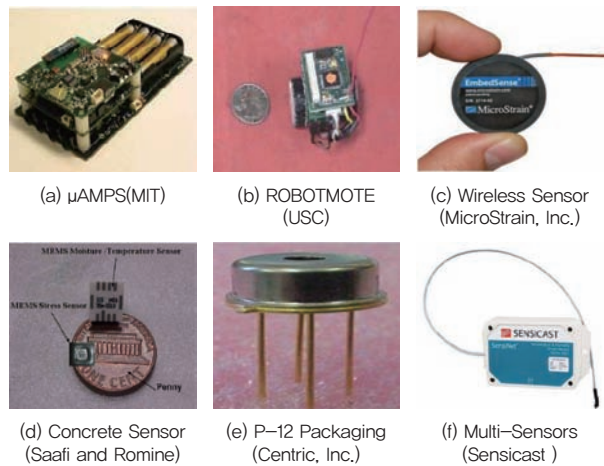


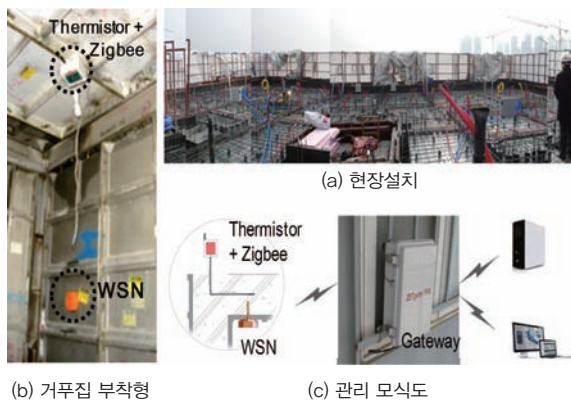
그림 7. 무선센서노드 소형화 기술<sup>8~11)</sup>

설안전 등의 모니터링에 주로 사용되고 있다(그림 7). 연속적인 모니터링 시스템은 시설물의 안전을 개선하는데 필수적이지만 이러한 일련의 모니터링 활동에는 많은 시간과 비용이 소요되므로 이러한 장치들은 초기단계의 미세한 균열정보, 구조물의 열화 특성을 반영하는 주요 성능 변수 즉 온도, 습도, 염도, 산도 및 탄소수축도 등

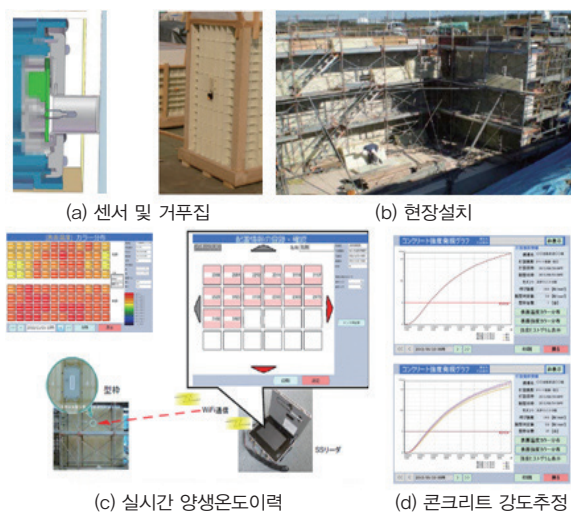


과 같은 정보를 수집하여 구조물의 건전성 정보를 수집 및 전달한다.

무선네트워크 기술은 한정적 에너지(전원)를 가지고 사용되기 때문에 건설현장에 적용이 제한적이지만 최근에 전력소모를 최소화하는 기술개발 및 데이터 송수신에 대한 폭넓은 연구가 진행 중이다. 앞서 2장에서 기술한 RFID를 활용한 콘크리트 물류 및 품질관리와 더불어 콘크리트에 직간접적으로 적용되는 센싱 기술은 콘크리트 양생관리와 변형(균열 및 변위)제어 측면으로 대표된다. 특히, 양생관리에 적용되는 WSN 기술은 <그림 8>과 같이 소정의 위치에 센서를 설치하는 방법과 <그림 9>와 같이 거푸집 자체에 센싱 기술을 탑재하는 방법이 개발되고 있다. 한편, 콘크리트와 같은 건설재료 내 수분함량을 <그림 10>과 같은 센서를 통하여 모니터링 할 수 있다. 또 다른 WSN은 기존의 전기식계측 방식을 개선

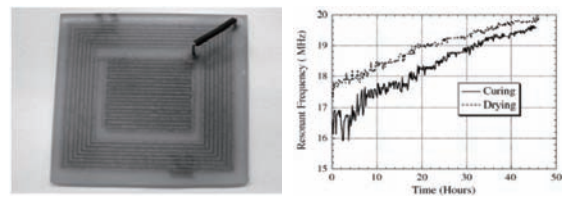


(b) 거푸집 부착형 (c) 관리 모식도  
그림 8. 거푸집 부착형 콘크리트 양생관리 시스템의 예<sup>(2)</sup>

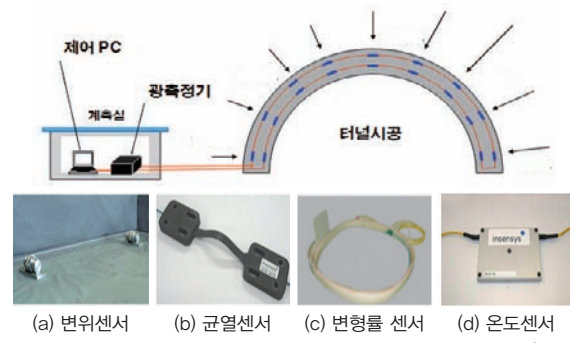


(c) 실시간 양생온도이력 (d) 콘크리트 강도추정  
그림 9. 거푸집 일체형 콘크리트 양생관리 시스템의 예<sup>(3)</sup>

한 장기 내구성을 가진 광파이버 센싱 기술 FBG(Fiber Bragg Grating)이 있다. <그림 11>과 같이 터널 시공에서 FBG 광파이버 센싱 기술은 여러 단면의 복공 변형계측에 있어서도 1개의 광파이버로 최대 약 100개 측정점의 계측이 가능하고 1대의 광 측정기로 광역의 다점 장기 계측을 실현하고 있다<sup>(5)</sup>. 이와 달리 탄소나노튜브(CNT)를 활용한 콘크리트용 온·습도 센서 및 변형(변위, 균열 등)감지 WSN 기술이 연구되어 <그림 12>와 같이 콘크리트 구조물에 적용되고 있다.



(a) 수분감지 센서 (b) 양생과정에서의 공명주파수  
그림 10. 센서를 활용한 건설재료의 수분함량 측정과 활용 예<sup>(4)</sup>



(a) 변위센서 (b) 균열센서 (c) 변형률 센서 (d) 온도센서  
그림 11. 콘크리트 매설형 FBG를 활용한 터널시공 예<sup>(5)</sup>

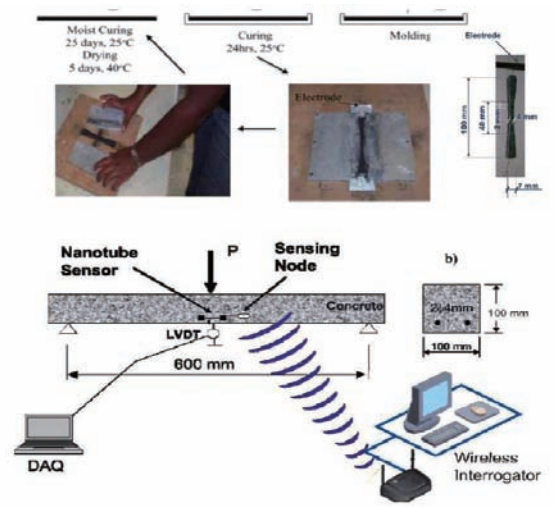



그림 12. CNT를 활용한 콘크리트 구조물 모니터링 예<sup>(6)</sup>

## 4. 맺음말

IT 기술은 혁신적으로 발전을 거듭하고 있으며, 건축 분야에서의 활용 전망은 필연적임과 동시에 긍정적이라고 할 수 있다. 건설 산업은 전체 재료소비의 약 48%, 에너지소비의 40%를 점하고 있는 대량소비 산업이며, 이 가운데 콘크리트가 차지하는 비중은 매우 크다. 콘크리트 제조 단계에서부터 운반, 타설, 양생, 품질 및 유지관리 단계에 이르기까지 IT 기술과의 융합은 대단히 중요하다. KISTI 2014년 미래기술백서에서는 대형화, 첨단화, 초고층화, 친환경화로 변화되는 건설 환경에서 기존의 관리방식을 벗어난 건설과 IT의 결합이 주목을 받고 있으며, 국가 R&D에서도 이에 대응한 기술개발이 대대적으로 진행되고 있음을 보고한다. 이에 따라 건설재료분야에서 콘크리트의 품질관리는 더욱 복잡하고 중요한 요소이며, IT를 활용한 실시간 계측관리 및 콘크리트 시공의 정확성 및 품질을 향상시킬 수 있는 교두보 역할을 할 것이라고 사료된다. 

담당 편집위원 : 이한승(한양대학교) ercleehs@hanyang.ac.kr

### 참고문헌

1. 김병곤, 도로건설공사와 유지관리를 위한 첨단 건설현장 정보시스템 개발, 한양대학교 박사학위 논문, 2013.
2. Jaselskis, E. J. et al., Radio-Frequency Identification Application in Construction Industry, ASCE, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 121, No. 2, 1995, pp. 189 ~ 196.
3. 문성우, 홍승문, RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, Vol. 8, No. 3, 2007, pp. 142 ~ 149.
4. H. Sugiyama, H. Sumikura, A. Eriguchi, Information Traceability System of Concrete Using IC-tag Technology—Calculation Method of Required Number of IC-tags Embedded in Concrete, *AIJ, Journal Structure Construction*, Vol. 78, No. 688, 2013, pp. 1,045 ~ 1,053.
5. <http://www.taiheiyo-cement.co.jp/rd/rfid/>
6. WAKE, Inc. 2010, The HARD TRACK System, <http://www.wakeinc.com/hardtrack.html>
7. [www.wakeinc.com/PDF/HardtrackBrochure.pdf](http://www.wakeinc.com/PDF/HardtrackBrochure.pdf).
8. National Concrete Pavement Tech. center,

A Feasibility Study on Embedded Micro-Electromechanical Sensors and Systems(MEMS) for Monitoring Highway Structures, Iowa State University, 2011.

9. Saafi, M. and P. Romine, Preliminary Evaluation of MEMS Devices for Early Age Concrete Property Monitoring, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, No. 11, 2005, pp. 2,158 ~ 2,164.
10. Sencicast. 2008, Solutions Overview, <http://www.sencicast.com/solutions.php>
11. MicroStrain, Inc. 2011, EmbedSense Wireless Sensor, <http://microstrain.com/embed-sense.aspx>.
12. Lee, H. S., et al. Curing Management of Early-age Concrete at Construction Site using Integrated Wireless Sensors, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 12, No. 3, 2014, pp. 91 ~ 100.
13. [www.jacic.or.jp/josei/pdf/2010-16.pdf](http://www.jacic.or.jp/josei/pdf/2010-16.pdf)
14. Ong, J. B., You, Z., Mills-Beale, J., Tan, E. L., Pereles, B. D. and K. G. Ong., "A Wireless Passive Embedded Sensor for Real-Time Monitoring of Water Content in Civil Engineering Materials", *IEEE Sensors Journal*, Vol. 8, No. 12, 2008, pp. 2,053 ~ 2,058.
15. [http://damoa.kaia.re.kr/jsp/issue/overseas\\_view.jsp?seqno=16671&tab](http://damoa.kaia.re.kr/jsp/issue/overseas_view.jsp?seqno=16671&tab)



**류동우 조교수**는 일본 도쿄대학 건축전공에서 환경조건의 변동에 따른 콘크리트중의 수분분포에 관한 연구로 박사학위를 취득한 후 한국건설기술연구원에서 Post Doc.을 마치고 대우건설기술연구원 근무를 거쳐 2010년부터 대전대학교 건축공학과 교수로 재직하고 있다. 주요 관심 분야는 고성능 콘크리트의 내구성 및 내화성능 평가, 친환경 건설재료 개발이다. 우리 학회 내 화콘크리트위원회 위원장으로 활동하고 있다.

[dwrju@daejin.ac.kr](mailto:dwrju@daejin.ac.kr)



**박원준 연구조교수**는 동경대학에서 환경부하저감형 재생골재를 사용한 콘크리트의 배합설계 최적화에 관한 연구로 박사학위를 취득하고, 현재 한양대학교 ERICA 친환경건축연구센터에서 연구조교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 자원순환 및 환경영향평가, 최적화연구, 건축재료설계, 재생재료 및 생산기술이며, 우리 학회 학회지 편집위원회 위원으로 활동하고 있다.

[jooney1010@hanyang.ac.kr](mailto:jooney1010@hanyang.ac.kr)