

스마트 IoT 기술을 이용한 시멘트 그라우팅 모니터링

김재용, 문성우
부산대학교 사회환경시스템공학과
e-mail:sngwmoon@pusan.ac.kr

Application of Smart IoT-Based Monitoring for Cement Grouting work

Jaeyong Kim, Sungwoo Moon
Dept. of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University

요약

현재 건설공사에서는 스마트 시공기술이 활발하게 도입되고 있으며, 국토교통부에서는 스마트 기술을 제도화하고 있다. 스마트 시공기술을 건설공사에 도입하기 위해서는 IoT (Internet of Things), GPS (Global Positioning System), 무선통신, 센서, BIM (Building Information Modeling) 등 첨단 ICT 기술을 필요로 하며, 특히 IoT 기술은 스마트 기술의 핵심적인 역할을 하며 원격 모니터링에 효과적이다. 본 연구의 목적은 터널공사에 적용되는 시멘트 그라우팅의 품질관리를 위해서 스마트 IoT 기술기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템을 개발하는 것이다. 본 연구에서 개발된 스마트 IoT 기술기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템은 시스템 그라우팅 작업 중 유량과 유압을 확인하는 기능을 제공한다. 연구결과 본 시스템은 기존 기계식 모니터링에 비하여 모니터링 효과가 향상됨을 보여줬다.

1. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

현재 건설공사에서는 스마트 시공기술이 활발하게 도입되고 있으며, 국토교통부에서는 스마트 기술을 제도화하고 있다. 스마트 시공기술을 건설공사에 도입하기 위해서는 IoT (Internet of Things), GPS (Global Positioning System), 무선통신, 센서, BIM (Building Information Modeling) 등 첨단 ICT 기술을 필요로 하며, IoT 기술은 스마트 기술의 핵심 역할을 하며 원격 모니터링에 효과적이다.

시멘트 그라우팅은 터널안전과 절토면 안정 등을 위해서 시공되는 공법이다. 시멘트 그라우팅은 시멘트, 몰타르, 약제 등을 구성되며, 이러한 그라우팅 혼합물을 터널면과 절토면으로 주입시켜서 구조물의 안정성을 높이는 역할을 한다. 이때 시멘트 그라우팅 혼합물을 주입할 때 유량과 유압을 적절하게 관리해야 한다.

일반적으로 시멘트 그라우팅의 유량과 유압을 측정하기 위해서는 기계식 유량계와 유압계를 사용한다. 그러나 기계식 유량계와 유압계는 게이지의 눈금을 이용하기 때문에 작업자가 항상 눈으로 유량과 유압의 변동상황을 확인해야 한다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 IoT 강관다단 모니터링 환경의 도입이 필요하다.

1.1 연구목적 및 방법

본 연구의 목적은 시멘트 그라우팅 기기의 유압계 및 유량계를 모니터링하기 위한 IoT 강관다단 모니터링 시스템을 개발하는 것이다. 이러한 IoT 기반 모니터링 시스템은 시멘트 그라우팅 작업시 그라우팅의 유량과 유압을 원격으로 측정하고, 관리자에게 현재 진행되고 있는 시멘트 그라우팅의 품질 현황정보를 제공할 수 있게 한다. 관리자는 모바일 폰이나 태블릿 탭으로 언제, 어디서나 멘트 그라우팅의 품질현황정보를 확인할 수 있으며, 필요시 시멘트 그라우팅의 유량과 유압을 조정하여 상시 품질관리를 적용한다 (그림 1).



[그림 1] 연구수행 절차

3. IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템 구성

IoT 강관다단 모니터링 시스템에서 그라우팅 주입 데이터는 전자식 유압계와 유량계를 사용한다. 전자식 유압계와 유량계는 mA 전류로 유압과 유량에 대한 데이터를 생성한다. 여기서 데이터 수집 및 전송은 인터넷 와이파이 망을 통해서 처리된다. 최근 터널공사에서 안전관리 등을 위해서 인터넷 와이파이 망이 필수적으로 설치되고 있으며, 이러한 무선통신망을 활용하면 유량과 유압 데이터의 전송이 손쉽게 이뤄질 수 있다 (그림 2).

무선 와이파이 망을 통해서 전송된 유량과 유압 데이터는 현장 사무실에 위치한 IoT 강관다단 모니터링 시스템 서버로 다시 전송된다. IoT 강관다단 모니터링 시스템은 수신한 데이터를 저장하고 관리하기 위한 데이터베이스를 가진다. IoT 강관다단 모니터링 사용자 환경은 데이터베이스에 저장된 데이터를 조회하고 분석하는 데이터 처리기능을 가진다.



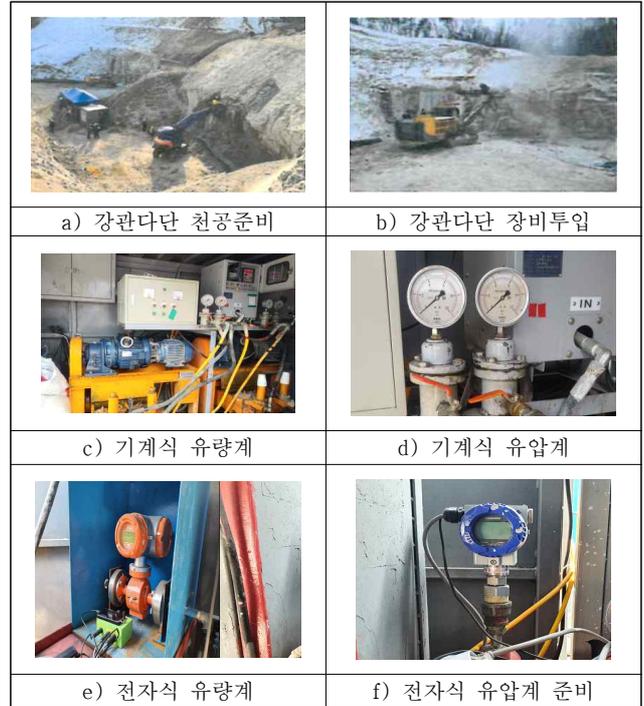
[그림 2] 시멘트 강관다단 시범현장 준비

4. 현장 테스트

IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템의 기능성을 테스트하기 위해서 본 시스템을 시멘트 강관다단 시범현장에 적용했다. 시범현장은 터널공사로써 터널시점과 종점의 단면을 대상으로 하고 있으며, 터널굴진을 할 때 막장 천단부 보강, 즉 강관다단 그라우팅)에 적용했다. 터널구간은 암반구간으로 암반의 균열이 발생하는 것을 방지하기 위해서 시멘트 그라우팅의 필요성이 있는 공사구간이다.

그림 3은 본 연구과정에서 수행한 시멘트 강관다단 시범현장 적용 준비사항을 보여준다. 시범현장에 대한 적용은 기존의 기계식 유량계와 유압계 환경과 전자식 유량계와 유압계를 적용한 IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 환경의 차이를 비교검토하여 IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템의 우수성을 검토하기 위한 것이었다.

터널공사에 시범적용한 결과를 요약하면 IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템은 언제, 어디서나 관리자가 모바일 폰과 테블릿 탭을 사용하여 시멘트 그라우팅 품질을 관찰할 수 있으며, 필요한 경우 개입하여 유량과 유압을 조절하여 시멘트 그라우팅의 품질을 일정하게 유지관리할 수 있다는 것을 보여줬다.



[그림 3] 시멘트 강관다단 시범현장 준비

5. 결론

IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템은 터널공사에 적용하는 시멘트 그라우팅 작업을 모니터링하기 위해서 개발됐다. 본 시스템을 개발하기 위해서 센서기술뿐만 아니라 하드웨어와 소프트웨어, 그리고 통신기술이 접목됐다.

이와 같이 개발된 IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템은 터널공사에서 시범적용 됐으며, 목표로 하던 성능을 제공한다는 것을 보여줬다.

현재 IoT 기반 시멘트 그라우팅 모니터링 시스템은 프로토타입 수준이지만 지속적인 개발과 기능보완으로 목표로 하는 성능을 충분히 달성할 것으로 예상된다. 특히 현장 테스트를 거쳐서 문제점을 찾아서 보완한다면 향후 시멘트 그라우팅 작업뿐만 아니라 터널공사에서 수행하는 프로세스를 개선시키는 역할을 할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 신홍영, “터널의 내진성능향상을 위한 보조공법의 연구”, 석사학위논문, 연세대학교, 2002년
- [2] 전동환, “무기질계 급결제와 미분말시멘트를 활용한 그라우트재의 공학적 특성에 관한 연구”, 석사학위논문, 대전대학교, 2021년