IoT 기반의 DCPT 시스템 현장적용 방안연구

김동한*, 윤중훈*, 배경호*
*신한항업 부설연구소
e-mail:legokdh@naver.com

A Field Feasibility Study on the DCPT System based on IoT

Donghan Kim*, Joong-hun Yoon*, Kyoung-ho Bae*
*Research Institute, Shinhan Aerial Survey CO.,LTD

요 약

토공사는 건설공사의 핵심공정으로 모든 공정의 기초가 되며 이는 구조물의 안전과도 직결된다. 이에 들밀도 시험, 평판재하시험 등 다양한 다짐시험을 통한 다짐의 정도의 분석과 확인을 필수적으로 수행한다. 그러나 현재의 아날로그 방식의 다짐측정은 현장의 위치, 시간을 포함한 작업자의 정보와 실시간 데이터 확인이 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해소하기 위해 기존의 다짐시험 기법인 DCPT(Dynamic Cone Penetration Test)에 IoT(Internet of Things)를 융합한 시스템을 개발했다. IoT 기반 DCPT 시스템은 블루투스 기반의 모바일 어플 연결, 와이어 기반 반자동 거리측정, 1인 계측의 특징을 가지고 있다. IoT 기반 DCPT 시스템은 현장적용 분석을 위해 경기도 화성시 경부직선화 고속도로 건설현장에 적용했다. 현장적용은 IoT 기반 DCPT의 현장 적용성 평가를 위해 다짐측정에 주로 사용되는 평판재하시험, 아날로그 DCPT와 비교했다. IoT 기반 DCPT 시스템은 평판재하시험, 아날로그 DCPT와 비교하여 유사한 다짐결과를 보였으며 평판재하시험 결과와 객관적인 분석을 위해 추가적인 현장적용이 요구되었다. 본 연구를 통해 개발한 IoT 기반 DCPT는 다짐정보, 위치정보, 시간정보, 작업자 인적정보가 모바일에 종합적으로 기록되어 현장 데이터 분석과 가시화가 가능하고 구축된 정보는 스마트폰을 통해 관리센터로 실시간 전송되기 때문에 토공사 건설공정 관리에 많은 기여를 할것으로 예상된다.

1. 서론

최근의 건설 산업은 규모면에서 복잡하고 다양하며 대규모 형태로 발전하고 있다. 관련 기술 역시 과거 아날로그 기반의 관리 및 건설정보 구축이 아닌 각종 센서를 이용한 디지털 형태로 건설정보를 구축하고 이를 관리하고 있다. 이러한 건설환경의 변화는 4차 산업혁명과 일치하는 스마트건설이라는 새로운 기술로 발전하고 있다.

건설의 기초공정인 토공사는 건설공사 계약중 약 11%의 비중을 차지하며 생산성 향상의 주요요소인 공기단축 및 공사원가 절감에 효과적이며 건설공사의 생산성 향상을 위해서는 토공사 계획 및 관리가 중요하다. 또한, 토공사는 다른 공종에 비하여 건설 중장비 대한 작업 의존도가 매우 높고 투입되는 건설 중장비의 능률에 따라서 생산성이 크게 좌우된다는 특징을 가지고 있다. 그러나 현재의 다짐정보 구축은 주로 아날로그 방식의 평판재하시험(Plate Bearing Test, 이하 PBT)과 들밀도 시험으로 다수의 인원으로 시험이 수행되고 수기로 수치를 기록하여 관리가 어려운 단점이 있다. 또한 투입장비, 높은 비용, 검측결과를 실시간으로 확인 할 수 없는 한계 등으로 공정관리에 많은 제한이 있다.

이에 많은 건설현장에서는 시험법이 간편하고 장비의 휴대성이 우수한 동적콘관입시험(Dynamic Cone Penetration Test, 이하 DCPT)에 관심이 높아지고 있지만 투입인원, 기록방식, 이력관리가 기존방식과 비슷하다는 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 기존 DCPT 시스템에 다양한 디지털 센서를 접목한 IoT 기반 DCPT 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 스마트폰 어플로 운영되어 실시간 다짐정보 가시화와 전송이 가능하고 디지털 와이어와 버튼식 반자동 거리측정으로 1인 계측이 가능하여 시험시간, 비용절감, 이력관리, 실시간 데이터 확인이 가능한 특징이 있다.

개발된 IoT 기반 DCPT 시스템은 아날로그 DCPT, 평판재하시험과 함께 국내건설현장에 적용되어 현장적용을 위한 분석을 수행했다.

2. IoT 기반 DCPT 시스템 현장적용

IoT 기반 DCPT 시스템은 21년 9월 6일, 9월 15일, 10월 12일 총 3차에 걸쳐 경기도 화성시 경부직선화 3공구에서 현장적용을 수행했다. 1차 현장적용에는 평판재하시험과 아날로그 DCPT, 2~3차 현장적용에는 아날로그 DCPT와 비교하여 현장적용 방안을 분석했다.

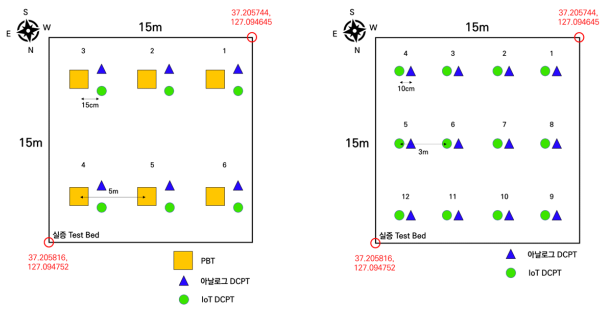
2.1 평판재하시험

평판재하시험은 우리나라 다짐과리 및 평가에 주로 사용되는 시험으로 강성의 재하판에 하중을 가해 시간, 하중, 침하량을 측정하여 노상, 노반의 지지력을 알기위해 수행한다. 시험장치 및 기구는 재하판, 잭, 변위제 침하량 측정장치, 지지력장치, 시계 등으로 구성되어있다. 평판재하시험의 경우 반력 확보를 위한 중차량의 반입이 반드시 필요하고 시험시간이 길다는 특징을 가지고 있다.

[그림 1] 평판재하시험

2.2 비교검증결과

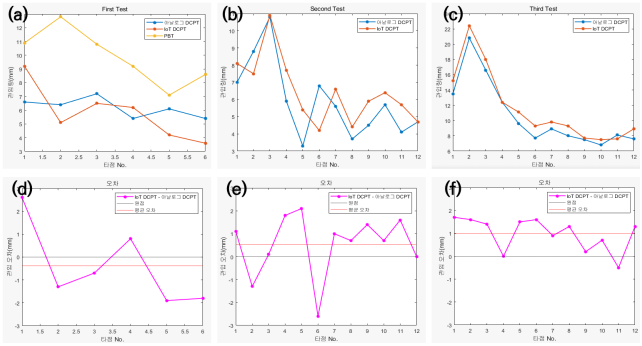
1차 현장적용은 IoT 기반 DCPT, 아날로그 DCPT, 평판재하시험을 6회 적용했다. 2, 3차 현장적용은 IoT 기반 DCPT, 아날로그 DCPT를 12회 적용했다(그림 2).



[그림 2] 현장적용 시나리오 1차 시험(좌), 2,3차 시험(우)

그림 3은 현장적용 결과로 a, b, c는 각각 1차, 2차, 3차 시험의 다짐도 측정결과를, d, e, f는 아날로그 DCPT의 평균관입량에서 IoT 기반 DCPT의 평균관입량을 뺀 결과로 오차를 나타낸다. 그림 3(a)에서 사용한 평판재하시험결과는 단위의 통일을 위한 25의 상수를 곱했다.

평판재하시험과 비교한 결과는 큰 연관성이 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 이는 평판재하시험의 결과 값인 지지력계수가 아닌 평균관입량을 사용했기 때문으로 분석된다. 향후 추가적인 평판재하시험을 통한 연관성 분석이 요구된다. IoT 기반 DCPT는 아날로그 DCPT와 전반적으로 평균관입량 오차가 1mm 이내로 매우 정밀한 것으로 나타났다.



[그림 3] 현장적용결과(a~c), 관입오차 비교결과(d~f)

2.3 적용가능성 평가

개발된 IoT 기반 DCPT 시스템은 토공사 현장인 경부고속도로 건설현장에 3일간 현장실증 및 비교검증을 수행하여 개발한 장비의 우수성을 입증하였다. IoT 기반의 DCPT 시스템은 PBT, 아날로그 DCPT와 비교하여 저비용, 1인 계측, 1분의 소요시간 등의 장점을 나타냈다. 계측 정확도 또한 기존 아날로그 DCPT와 비교해 평균적으로 약 1mm 이내의 오차로 우수하게 나타나 현장적용성이 높은 것으로 평가되었다(표 1).

[표 1] 시험결과표

방법	PBT	아날로그 DCPT	IoT DCPT
평균소요시간	10분	2분	1분
투입인력	3명 이상	2~3명	1명
비용	고	저	저
투입장비	• PB • 덤프트럭	• DCP	• DCP • 모바일폰

참고문헌

[1] 김동한, 배경호 “토공사의 스마트건설화를 위한 IoT 기반 DCPT 시스템 개발 및 현장 실증”, 산학기술학회논문지, 제 22권 11호, pp. 488-498, 11월, 2021년.

[2] 박정준, 신희수, 김동욱, 유승경, 윤중만, 홍기권 “평판재하시험을 이용한 공동 복구재료의 지지특성에 관한 현장실험”, 한국지반신소재학회논문집, 제 17권 4호, pp. 293-304, 11월, 2018년.

사사

본 연구는 스마트건설기술개발사업(21SMIP-A157130-02)의 지원을 받아 수행된 연구임