

사물인터넷을 활용한 지반정보 시스템 구현 및 실증

장계석¹, 문용^{2*}

¹(주)삼안 기술개발센터 수석연구원, ²송실대학교 일반대학원 전자공학과

An Implementation and Demonstration of Ground Information System Utilizing Internet of Things

Ke-Seok Jang¹, Yong Moon^{2*}

¹Chief Research Engineer, Technology Development Center, Saman Corporation

²Department of Electronic Engineering, Soongsil University

요약 토목과 건설 분야에서는 저출산으로 인한 인력 수급의 어려움과 힘든 현장 업무에 대한 기피 현상으로 현장 인력의 고령화가 가중되고 있다. 고령화로 인한 인력 문제를 해결하고자, 인공지능, 빅데이터 등의 스마트 기술을 적용하고자 다양한 시도를 하고 있다. 하지만, 각종 규제와 설계 및 시공 시 발생하는 다양한 민원, 이해 당사자 간의 이해 충돌 및 신기술 적용에 다른 분야에 비해 더디게 도입이 되고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 스마트 건설 국가 R&D 과제에서 다양한 기술을 적용하고자 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 토목, 건설 분야 중 인프라 시설의 설계 및 건축에서 가장 중요한 업무인 구조물이 세워지는 지반조사 분야에 관한 연구를 진행하였다. 시추지반 정보는 공공기관 및 국가 인프라 사업의 발주 시 수집된 정보를 건설기술 연구원의 지반정보 시스템에 입력하여 관리할 만큼 국가에서 관리되어야 하는 중요 자료이다. 이러한 시추지반 정보를 사람의 시력에 의한 시추 깊이 기록과 현장 데이터 수기 기록으로 인해 데이터 누락 및 변경에 대한 문제가 발생할 수 있는 상황이다. 이러한 문제를 사물인터넷 기술과 스마트기기 및 웹 기반 시스템을 활용하여, 데이터 위변조 방지를 통한 신뢰도 향상과 표준화된 입력 시스템 구축을 통해 데이터 품질을 향상했다. 또한, 연구성과의 품질을 검증하기 위해 한국도로공사 스마트 사업단에서 제공하는 시공 현장에서 두 번의 실증을 통해 기술의 우수성을 검증하였다.

Abstract In the civil engineering and construction fields, the aging of on-site human resources is exacerbated by difficulties in supply and demand for human resources because of the low birthrates and the tendency to avoid demanding on-site work. Various attempts are being made to apply smart technologies, such as artificial intelligence and big data, to solve the human resources problem caused by the aging of the population. On the other hand, smart technologies have been gradually introduced compared to other fields due to various regulations and complaints during design and construction, conflicts of interest between interested parties, and the application of new technology. Research is underway to apply various technologies in the R&D tasks of smart construction countries and solve these problems. Research was conducted on ground investigations where structures are constructed, which is the most important work in designing and constructing infrastructure facilities in the civil engineering and construction fields. Excavation ground information is important information that must be managed by the country, which is sufficient to input and manage the information collected at the time of ordering public institutions and national infrastructure projects into the construction technology researcher's ground information system. This type of excavation ground information was recorded by human vision and handwritten field data, which can lead to problems with missing or altered data. Using Internet technology, smart devices, and web-based systems to solve these problems, the data quality was improved by enhancing reliability by preventing data forgery and building a standardized input system. In addition, the excellence of the technology was verified through two demonstrations at construction sites provided by the Korea Highway Corporation's Smart Business Group.

Keywords : IoT, Smart Device, Web Management, Bluetooth, Smart Construction

*Corresponding Author : Yong Moon(Soongsil Univ.)

email: moony@ssu.ac.kr

Received September 26, 2023

Revised October 10, 2023

Accepted December 8, 2023

Published December 31, 2023

1. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

사물인터넷 관련 기술들이 정착되면서 세계 시장 규모가 기하급수적으로 증가하고, IoT를 통한 신규사업의 출현은 전 산업영역에서 동시다발적으로 나타나고 혁신적으로 변화하고 있다[1]. 하지만, 토목 및 건축 분야인 종합건설기업은 드론(31.2%), 모듈러(23.6%), BIM(22.7%), 빅데이터 및 인공지능(17.9%) 순으로 활용 수준이 높으나, 생산성 향상을 위한 지능형 건설장비나 로봇 기술의 활용 수준이 가장 낮은 것으로 조사되었다[2]. 설계 및 시공 시 발생하는 다양한 민원, 많은 이해관계자의 합의가 원활하지 않고, 인명에 관련된 위험한 현장 작업이 많아 안전을 우선하여 반영해야 하는 특성으로 인해 새로운 기술의 적용에 시간이 많이 소요된다. 이와 더불어 토목 분야의 인력의 고령화와 젊은 인력의 기피 현상이 발생하고 있다[3]. 이러한 문제점을 해결하고자 2020년부터 시작된 「스마트 건설기술 개발 사업」 국가 R&D가 진행되고 있다. 다양한 정보통신 기술을 고속도로 시공과정에 적용하여 생산성 25% 향상을 올리기 위한 목표로 연구를 진행하고 있으며, 실증을 통해 검증된 연구 결과를 상업화까지 지원하고 있다[4].

본 연구는 스마트건설기술 개발 사업에 적용할 분야 중 인력 기반의 자료 수집을 진행하고 있는 지반조사 분야에 스마트 기술을 적용하는 연구를 진행하고자 한다. 연구를 통해 실무에 적용이 가능한 기술을 개발하고 연구과제의 목표인 생산성 향상과 빅데이터 수집을 위한 시스템을 마련하고자 한다.

1.2 연구 목표

본 연구에서는 스마트 건설 분야의 현장에서 사용할 수 있는 기술을 구현하고, 우수한 연구성과를 달성하고자 아래와 같은 목표 수준을 부여하여 연구를 추진하였다.

- ① 시추 현장과 관리자와 실시간 데이터를 공유할 수 시스템을 구현하여, 관리자와 발주처가 현장 방문하지 않아도 현장의 상황을 파악할 수 있는 기능을 제공한다.
- ② 사물인터넷 기술을 활용하여 지반정보를 디지털화하여 신뢰도가 높은 데이터를 제공한다.
- ③ 위치기반 기술인 GPS 정보를 사물인터넷 장비에 기능을 추가하여, 신뢰도 높은 시추 위치에 정보를 제공하는 시스템을 구현한다.

- ④ 인력 기반의 데이터 수집으로 인한 오류나 정보 손실을 최소화하는 기능을 구현하고, 데이터의 표준화를 지원하는 시스템을 구축한다.
- ⑤ 지반조사의 성과물은 시추 추상도 양식을 표준화하고, 자동 생성되는 기능을 구현하여 성과물의 품질이 개선된 시스템을 구현한다.
- ⑥ 도로공사 현장 실증을 통해 연구과제 성과물의 성능지표에 대한 검증을 진행한다.

2. 시추 지반정보 현황 분석

본 연구에서는 시추 분야의 전반에 대한 개선을 다루기보다 시추 현장에서 지반정보 조사 업무의 현황을 파악하여 문제점과 개선사항을 도출하고자 한다.

첫째, 지반조사 업무는 시추 전문 엔지니어링 업체가 장비를 소유하여 직접 수행하는 경우는 드물다. 지반조사 전문 엔지니어링 업체가 프로젝트를 수주 후 시추장비 업체에 하도급을 시추 현장 업무를 수행하고 있으며, Fig. 1의 영상에서와 같이 현장 작업은 열악한 환경에서 이루어진다. 이러한, 열악한 환경에서 시추작업자는 시추작업과 자료를 수집 및 기록을 병행하면서 수시로 작업관리자와 소통을 통해 자료를 공유해야 한다. 하지만, 현재는 수집자료를 기반으로 실시간 시스템이 구축되어 있지 않으므로 이에 대한 개선이 필요하다.



Fig. 1. Drilling site image[5]

둘째, 시추장비는 제작 기술의 발전으로 장비 성능이 지속해 개선되었다. 작동 방법 및 에너지효율 측면에서도 많은 발전으로 신뢰도 높은 시추작업이 이루어지게 되었다[6]. 하지만, 장비는 발전과 별개로, 조사 결과를 정리하는 과정은 Fig. 2 와 같이 아날로그적 상태를 벗어 나지 못하고 있어 개선이 필요하다.

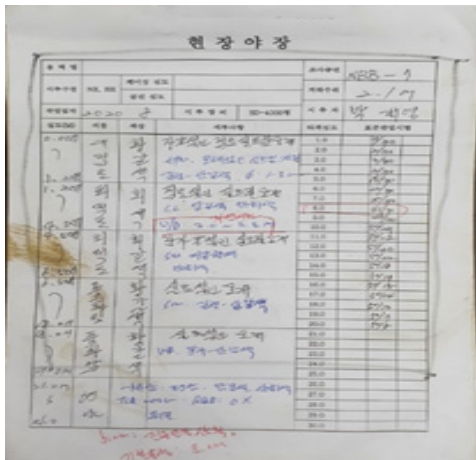


Fig. 2. field record sheet[7]

셋째, 시추작업 중 1m 단위 시추가 이루어지지 않는 경우가 발생한다. 이를 예방하고자 일부 발주처에서는 시추 과정을 영상 촬영하여 제출하게 한다[8]. 그러나, 시추 현장의 경우 1공 작업 시 최소 6시~8시간 이상 소요되는 영상을 발주처나 관리자가 일일이 확인하기는 매우 어려운 일이다. 이에 따라 영상 촬영에 의한 작업 누락에 대한 검토 업무는 합리적이지 못하다. 이를 해결하기 위한 데이터 수집 시 자동으로 수치를 기록할 수 있는 장비와 이를 지원하는 시스템이 필요하다.

넷째, 시추작업에서 취득하는 시추 깊이 정보는 숫자 형태로 정량화되어 있다. 하지만, 현장에서는 시추 붐에 실을 이용한 표시로 시추 위치를 기록한 후 이를 측정하여 Fig. 2과 같이 현장 기록지에 수기로 기록하는 방식을 사용하고 있다. 토질 및 색상 등 다양한 정보도 Fig. 3과 같이 현장 작업자가 수기로 작성하고 있다. 이에 따라 데이터에 대한 손실이나 데이터 변경 등이 발생할 수 있다. 또한, 수집된 현장 정보를 현장대리인이 전산에 입력 시 데이터의 손실이 발생할 수 있어 개선이 필요하다.

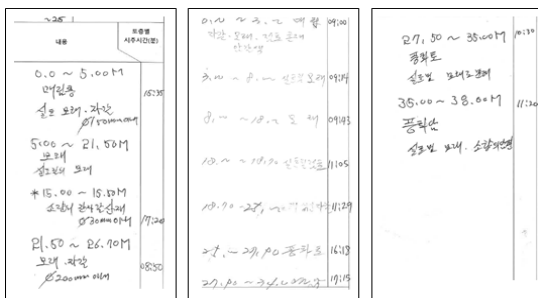


Fig. 3. Manually record soil quality and color[7]

다섯째, 현장에서 작성한 현장 기록지를 관리자가 수령 후 내용을 파악하고, Fig. 4와 같은 납품 성과물시추 주장도를 작성하는 데 많은 시간이 소요되어 업무 생산성이 떨어진다. 현장 기록지를 인식하여 최소한의 점검 후 성과물인 시추 주장도가 자동으로 작성될 수 있는 방안이 필요하다.



Fig. 4. Drill log[9]

여섯째, 작업이 진행된 시추의 위치를 현재는 사용자가 도면에 의해서 확인하고 있다. 또한, 시추 현장의 상황에 따라 시추 위치를 임의 변경 시 현장의 관리자가 동석하지 않으면 변경된 위치를 파악하기 어렵다. GPS 기술을 활용한 실시간 시공 위치 확인 및 변경된 시추 위치를 표시할 수 있는 시스템이 필요하다[10].

3. 제안하는 시스템

본 연구에서는 시추조사 업무에서 발생하는 문제점을 디지털 기술을 활용하여 기존의 문제점을 해결하고자 아래와 같은 기능이 있는 시스템을 구현하고자 한다.

- ① 시추 현장과 관리자가 시추 진행 정보를 실시간으로 공유하여, 업무 지시와 작업 관리가 원활히 이루어지도록 하는 시스템을 구현한다.
- ② GPS 정보를 지원하는 스마트기기를 활용하여 작업 지시서에 지정한 시추 위치 확인 및 시추 위치 변경 시 변경된 위치에 대한 정보를 관리자와 발주처에 실시가 제공하는 기능을 구현한다.
- ③ 현장 작업자의 수기로 작성되는 시추 깊이와 타수를 Fig. 5와 사물인터넷 장비를 활용하여 수집 후 시스템에 자동으로 전달하는 시스템을 구현한다.

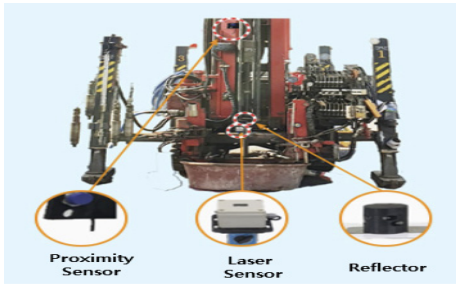


Fig. 5. AutoSPT Device[11]

- ④ 시추작업 중 시추 자료를 기록지를 수기 작성으로 인해 발생하는 집중력 하락과 안전관리 문제를 개선하기 위해, 웹 기반 선택적 입력 방식을 사용하여 업무의 효율성을 높이는 시스템을 구현한다.
- ⑤ 현장 작업자가 작성한 정보를 기반으로 관리자가 오랜 시간을 소요해서 작성하던 시추 주상도를 사물인터넷과 웹 기반 시스템으로 수집된 자료를 기반으로 자동으로 생성하는 시스템을 Fig. 6과 같이 구현한다.

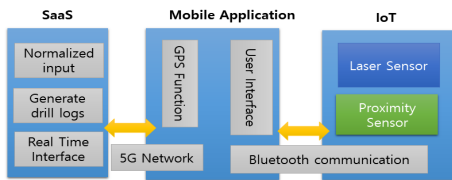


Fig. 6. System configuration diagram

본 연구를 통해서 Table 1과 같은 성과를 이루고자 하며, 연구의 성과를 검증하기 위해서 한국도로공사의 스마트건설사업단 실증현장에서 현장 실증을 통해 연구 성과를 증명하고자 한다.

Table 1. Improvements in the proposed system

	Current method	Proposed method
Real-time work collaboration between field and managers	Unsupported	Supported
Write a record sheet	handwriting	System-based input
Input data standardization	Unsupported	Supported
Automatic collection of drilling depth	Unsupported	Supported
Drill Log map creation method	Manual writing	System automatic creation
GPS-based location display	Unsupported	Supported

4. 시스템 구현 및 실증

4.1 인력 기반 현장 기록지 디지털 구현

Fig. 7와 같이 수기로 작성된 현장 기록지의 경우 현장의 상황과 작성자의 업무 숙련도에 따라서 그 품질이 다양하게 작성되는 문제점을 웹 기반 입력 시스템으로 구현하여, 업무 숙련도와 관계없이 일정한 품질이 보장하며, 실시간 입력을 통한 업무 생산성을 높이게 구현되었다.

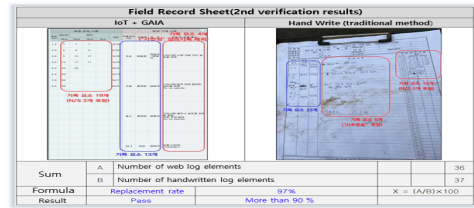


Fig. 7. Field record sheet implementation screen

4.2 시추 위치 자동 측위 구현

현장 작업자에게 발추처에서 요청한 시추 위치를 Fig. 8와 같은 형태로 제공하여, 잘못된 위치에서의 작업을 방지하는 기능을 구현하였다. 또한, 현장의 상황으로 작업지시서의 위치에서 작업이 진행하기 어려울 때, 변경된 시추 위치를 실시간으로 작업자와 발추처에 전달할 수 있도록 기능이 구현되었다.

4.3 사물인터넷 기반 시추장비 연동 구현

시추작업 진행 중 측정하는 시추 깊이와 시추 횟수 대한 정보를 Fig. 9와 같이 사물인터넷 장치인 AutoSPT와 연동하여 측정값을 실시간 서버로 전송하는 시스템을 구현하였다. 장비 연동을 통해 시추 자료 수집에 대한 신뢰

성을 증대하였으며, 지반의 상태를 관리자가 실시간 파악할 수 있게 되었다. 실시간으로 전송된 시추 정보를 통해서 사무실에서는 시추 주상도를 자동으로 생성할 수 있어 업무 효율이 향상되었다.



Fig. 8. GPS based drilling location

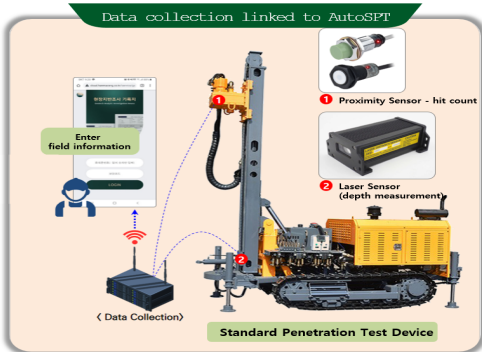


Fig. 9. IoT connection schematic diagram

4.4 입력 데이터 표준화 구현 협업 구현

현장 기록지 작성 작업자가 표준화된 항목을 입력할 수 있도록 업무에 관련된 항목을 도출하였다. 이를 통해 수기가 아닌 웹 기반 선택 방식을 활용하여 현장 작업자가 입력을 편리성과 동일 항목 데이터에 대한 표준화된 입력을 Fig. 10과 같이 입력할 수 있게 되었다.



Fig. 10. Web-based standard entry system

4.5 시추 주상도 자동 작성 기능 구현

현장에서 작성한 기록지와 사물인터넷 장비를 통해 수집된 시추 깊이 정보를 활용하여 Fig. 11와 같은 성과물을 시추작업 완료 후 사무실에서 자동으로 작성할 수 있어 업무의 효율성 및 생산성이 향상되었다. 또한, 기존의 현장마다 다르게 적용하는 양식을 시추 업무에 맞게 표준화하여 시추 성과물에 대한 품질도 균일하게 작성하여 재활용 및 빅데이터 분석할 때 데이터 분석이 쉽도록 구현하였다.

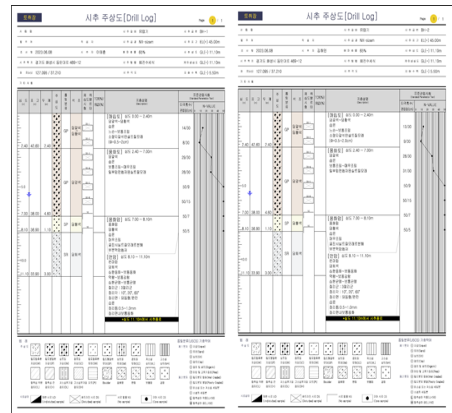


Fig. 11. Drilling Log(Sample)

4.6 도로공사 현장을 통한 실증 및 결과

연구성과 검증은 「국가 R&D 스마트 건설기술 개발 사업」을 주관하는 스마트건설사업단이 주관하는 도로공사 현장에서 2회에 걸쳐서 검증을 진행하였다. 첫 번째는 Fig. 12 와 같이 'LH 하남교산 공공주택지구 토질조사 현장'을 대상으로 실증은 진행하였다. 기술의 완성도 및 검증지표에는 문제가 없었지만, 장비와의 연동 중 개선 상황이 발생하여 2차 실증에 개선 내용을 반영하기로 하였다.

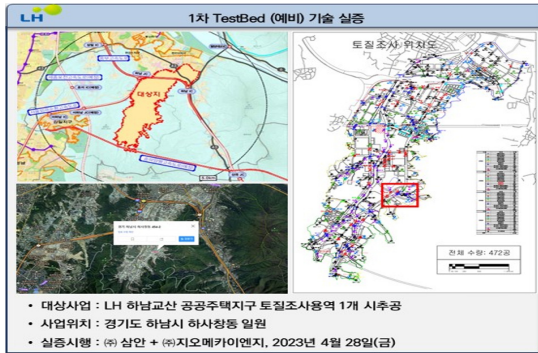


Fig. 12. First demonstration location



Fig. 13. Second demonstration site

Table 2. Demonstration verification result

First verification results		2nd verification results																																																																																																																	
<p>붙임 검증지표 결과서(1차)</p> <p>□ 연구개요</p> <table border="1"> <tr> <td>중점세부 / 과제명</td> <td>중점IV/11세부</td> <td>스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>실증 기술단위</td> <td>세부</td> <td>KPI 11-1-1</td> </tr> <tr> <td>개발 연계</td> <td>연계</td> <td>해당없음</td> </tr> <tr> <td>기술 구성</td> <td>구성</td> <td>실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>기술 세부</td> <td>세부</td> <td>Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발</td> </tr> <tr> <td>연구기관</td> <td colspan="2">(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안</td> </tr> <tr> <td>연구책임자</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>TRL (기술성숙도)</td> <td colspan="2">(현수준) 6 / (최종목표) 8</td> </tr> </table> <p>□ 검증계획</p> <table border="1"> <tr> <td>실증기술</td> <td colspan="3">Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발</td> </tr> <tr> <td>대상</td> <td colspan="3">● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타</td> </tr> <tr> <td>구분</td> <td>검증지표 및 목표값</td> <td>검증방법(시나리오)</td> <td>측정값 비교</td> </tr> <tr> <td>표준 객관성</td> <td>• 가능구현율 95% 이상</td> <td>• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>현장 적용성</td> <td>• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상</td> <td>• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>제품 사용성</td> <td>• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상</td> <td>• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td>• Likert점수 4.0 이상</td> <td>• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행</td> <td>- 진행중</td> </tr> <tr> <td></td> <td>• 공인 인증기관 인증서 제출 1건</td> <td>• 공인 인증서 확인</td> <td>- 진행중</td> </tr> </table> <p>□ 결 과</p> <p>“각각의 검증지표를 기준으로 ”표준객관성“의 제시된 검증지표에서 검증 목표값을 초과 달성하였음</p>		중점세부 / 과제명	중점IV/11세부	스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발	실증 기술단위	세부	KPI 11-1-1	개발 연계	연계	해당없음	기술 구성	구성	실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발	기술 세부	세부	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발	연구기관	(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안		연구책임자			TRL (기술성숙도)	(현수준) 6 / (최종목표) 8		실증기술	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발			대상	● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타			구분	검증지표 및 목표값	검증방법(시나리오)	측정값 비교	표준 객관성	• 가능구현율 95% 이상	• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인	100%	현장 적용성	• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상	• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100	100%	제품 사용성	• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상	• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100	93%	기타	• Likert점수 4.0 이상	• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행	- 진행중		• 공인 인증기관 인증서 제출 1건	• 공인 인증서 확인	- 진행중	<p>붙임 검증지표 결과서(2차)</p> <p>□ 연구개요</p> <table border="1"> <tr> <td>중점세부 / 과제명</td> <td>중점IV/11세부</td> <td>스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>실증 기술단위</td> <td>세부</td> <td>KPI 11-1-1</td> </tr> <tr> <td>개발 연계</td> <td>연계</td> <td>해당없음</td> </tr> <tr> <td>기술 구성</td> <td>구성</td> <td>실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>기술 세부</td> <td>세부</td> <td>Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발</td> </tr> <tr> <td>연구기관</td> <td colspan="2">(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안</td> </tr> <tr> <td>연구책임자</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>TRL (기술성숙도)</td> <td colspan="2">(현수준) 6 / (최종목표) 8</td> </tr> </table> <p>□ 검증계획</p> <table border="1"> <tr> <td>실증기술</td> <td colspan="3">Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발</td> </tr> <tr> <td>대상</td> <td colspan="3">● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타</td> </tr> <tr> <td>구분</td> <td>검증지표 및 목표값</td> <td>검증방법(시나리오)</td> <td>측정값 비교</td> </tr> <tr> <td>표준 객관성</td> <td>• 가능구현율 95% 이상</td> <td>• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>현장 적용성</td> <td>• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상</td> <td>• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>제품 사용성</td> <td>• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상</td> <td>• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100</td> <td>97%</td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td>• Likert점수 4.0 이상</td> <td>• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행</td> <td>4.34</td> </tr> <tr> <td></td> <td>• 공인 인증기관 인증서 제출 1건</td> <td>• 공인 인증서 확인</td> <td>- 진행중</td> </tr> </table> <p>□ 결 과</p> <p>“각각의 검증지표를 기준으로 ”표준객관성“의 제시된 검증지표에서 검증 목표값을 초과 달성하였음</p>		중점세부 / 과제명	중점IV/11세부	스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발	실증 기술단위	세부	KPI 11-1-1	개발 연계	연계	해당없음	기술 구성	구성	실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발	기술 세부	세부	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발	연구기관	(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안		연구책임자			TRL (기술성숙도)	(현수준) 6 / (최종목표) 8		실증기술	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발			대상	● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타			구분	검증지표 및 목표값	검증방법(시나리오)	측정값 비교	표준 객관성	• 가능구현율 95% 이상	• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인	100%	현장 적용성	• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상	• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100	100%	제품 사용성	• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상	• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100	97%	기타	• Likert점수 4.0 이상	• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행	4.34		• 공인 인증기관 인증서 제출 1건	• 공인 인증서 확인	- 진행중
중점세부 / 과제명	중점IV/11세부	스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발																																																																																																																	
실증 기술단위	세부	KPI 11-1-1																																																																																																																	
개발 연계	연계	해당없음																																																																																																																	
기술 구성	구성	실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발																																																																																																																	
기술 세부	세부	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발																																																																																																																	
연구기관	(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안																																																																																																																		
연구책임자																																																																																																																			
TRL (기술성숙도)	(현수준) 6 / (최종목표) 8																																																																																																																		
실증기술	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발																																																																																																																		
대상	● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타																																																																																																																		
구분	검증지표 및 목표값	검증방법(시나리오)	측정값 비교																																																																																																																
표준 객관성	• 가능구현율 95% 이상	• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인	100%																																																																																																																
현장 적용성	• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상	• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100	100%																																																																																																																
제품 사용성	• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상	• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100	93%																																																																																																																
기타	• Likert점수 4.0 이상	• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행	- 진행중																																																																																																																
	• 공인 인증기관 인증서 제출 1건	• 공인 인증서 확인	- 진행중																																																																																																																
중점세부 / 과제명	중점IV/11세부	스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털트윈기반 관리 기술 개발																																																																																																																	
실증 기술단위	세부	KPI 11-1-1																																																																																																																	
개발 연계	연계	해당없음																																																																																																																	
기술 구성	구성	실시간 건설현장(도로시공) 데이터 수집 및 관리 기술 개발																																																																																																																	
기술 세부	세부	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발																																																																																																																	
연구기관	(주)안 한국도로공사, (공동) ㈜삼안																																																																																																																		
연구책임자																																																																																																																			
TRL (기술성숙도)	(현수준) 6 / (최종목표) 8																																																																																																																		
실증기술	Web기반 시추조사 및 지반정보 관리서비스 개발																																																																																																																		
대상	● 표준 객관성 / ● 현장 적용성 / ● 제품 사용성 / ● 기타																																																																																																																		
구분	검증지표 및 목표값	검증방법(시나리오)	측정값 비교																																																																																																																
표준 객관성	• 가능구현율 95% 이상	• 소프트웨어 기능정의서 확인 • 기능 구현 체크리스트를 통해 확인	100%																																																																																																																
현장 적용성	• 가능정확성 -IoT센서 인식률 95% 이상	• 센서 인식률(%) 계산 = 자동 기록장치 N지 기록횟수 / 수기 야장 N지 기록횟수 * 100	100%																																																																																																																
제품 사용성	• 현장 적용성 -야장 기록지 90% 이상	• 야장 기록지 대체율(%) 계산 = 별기록지 기록요소 갯수 / 수기 야장 기록요소 갯수 * 100	97%																																																																																																																
기타	• Likert점수 4.0 이상	• 리커트 척도 설문조사 확인 • 시추조사 관계자 10명 설문조사 시행	4.34																																																																																																																
	• 공인 인증기관 인증서 제출 1건	• 공인 인증서 확인	- 진행중																																																																																																																

Table 3. Empirical results through system implementation

Item	Before improvement	After improvement	Comment
Web-based real-time input system	Unsupported	Supported	Refer Fig. 7
GPS-based location determination	Unsupported	Supported	Refer Fig. 8
Automatic measurement of drilling depth	Unsupported	Supported	Refer Fig. 9
Input data standardization	Unsupported	Supported	Refer Fig. 10
Automatically generate drill logs	Unsupported	Supported	Refer Fig. 11
Field verification	-	Completed	Refer Table 2

두 번째 실증은 Fig. 13 와 같이 '경부고속도로 직선화 사업' 구간에서 진행되었으며, 1차 실증에서 발생하였던 장비 연동 문제에 대한 부분을 개선하여 실증을 진행하였으며, 1차 실증 시 발생한 장비 연동 관련 발생한 문제점을 개선하였다. 실증은 각 분야 전문가가 실증에 대한 평가를 진행하였으며, Table 2과 같은 검증지표의 목표를 초과 달성하여 연구의 우수성이 검증하였다.

5. 결론

본 연구를 통하여 지반조사 업무에 위치기반 기술과 사물인터넷 기술, 웹 기반 시스템 구축 기술을 활용하여 인력 기반의 지반조사 업무에 스마트 기술을 적용하였으며, Table 3과 같이 조사의 신뢰도 향상과 자료의 표준화를 구현하여 데이터 품질을 향상하였다.

또한, 한국도로공사 스마트건설사업단의 현장 실증을 통해 연구의 우수성과 현장 적용의 활용성도 성공적으로 검증이 완료되었다.

향후 스마트건설 기술 적용을 위한 발주처의 적극적인 정책 지원을 받아 기술 상용화 및 현장 적용이 가능하도록 지속적인 추가 연구를 진행하고자 한다.

References

- [1] C. S. Lim, "IoT Service Application Cases Analysis and Industrial Promotion Issues", Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.11 No.6, [2015].
- [2] K. P. Lee, S. Y. Choe, T. H. Sohn, S. K. Choi, "Current status and direction of activation of smart technology by domestic construction companies", Construction & Economy Research Institute of Korea, [2019].
- [3] W. S. Shin, C. B. Son, "An Analysis on Supply and Demand Status of Engineers in Middle-Small Construction Field and Its Improvement Measures", Architectural Institute of Korea, Vol.39 No.1, [2023].
- [4] Korea Expressway Corporation, "Smart Construction Technology Development Project through Field Operation on Roads", Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, [2022].
- [5] Geotechnical Information DB System (<https://www.geoinfo.or.kr/topMenuSelect.do?url=info3>, accessed 2023.08)
- [6] J. K. Kim, I. J. Kang, K. W. Kim, Y. S. Chae, "Quality Evaluation by Automatic Recording System of SPT", International Symposium on Urban Geotechnics,

September 25 ~ 26, [2009].

- [7] Korea Expressway Corporation, "Smart Construction, 1st Technology Verification Committee Operation Plan in 2023", [2023].
- [8] Incheon Metropolitan City Development Corporation, "Ground investigation service for public housing district development project", [2020].
- [9] K. H. Park, J. T. Han, Y. N. Yoon, "A Study on the Automatic Digital DB of Boring Log", JOURNAL OF THE KOREAN GEOTECHNICAL SOCIETY Vol.37, No.11, [2021]. DOI: <https://doi.org/10.7843/KGS.2021.37.11.119>
- [10] K. S. Jang, Y. Moon, "A Design of Management System based on GNSS for Groundwater Field Survey Improvement", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 24, No. 5 pp. 27-35, [2023]. DOI: <https://doi.org/10.5762/kais.2023.24.5.27>
- [11] GeoMecca Engineering Web Site (<http://www.gmeng.co.kr/business/business3.php>, accessed 2023.08)

장 계 석(Ke-Seok Jang)

[정회원]



- 2003년 1월 : 한백기술 기술개발 센터
- 2021년 2월 ~ 현재 : 삼안 기술개발센터 수석연구원
- 2023년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 대학원 금융기술융합학과 박사과정

<관심분야>

빅데이터, 인공지능, GIS, BIM 설계

문 용(Yong Moon)

[정회원]



- 1992년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1997년 2월 ~ 1999년 8월 : LG 반도체 선임연구원
- 1999년 9월 ~ 현재 : 숭실대학교 전자정보공학부 교수

<관심분야>

IoT, 인공지능, GIS, 혼성신호시스템