

RFID를 이용한 도로하부 공동 관리 시스템의 현장 적용을 위한 기초 실험

A Fundamental Experiment for Field Application of the under Pavement Cavity Management System Using RFID

신은철¹ · 박광석² · 박정준^{3*}Eun Chul Shin¹, Kwang Seok Park², Jeong Jun Park^{3*}¹Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea²Graduate Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea³Research Professor, Incheon Disaster Prevention Research Center, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea

*Corresponding author: Jeong Jun Park, smearjun@hanmail.net

ABSTRACT

Purpose: In this study, the location and history information of the cavity identified in the cavity exploration, such as repacking of the pavement, is not known. Therefore, it is to review the field applicability of RFID(Radio Frequency Identification) systems that enable anyone to accurately identify information. **Method:** Basic experiments were conducted for field applicability for cavity recognition distance, recognition and recognition rate, tag performance and tag type, reader interference, communication, underground burial impact, and duplicate recognition by RFID system. **Results:** As a result of the depth of tag and reader recognition, the electronic tag chips and readers applied in the basic experiment are judged to be effectively applicable in the field environment where the road cavity is located. **Conclusion:** The RFID tags for field application of the pavement management system store various information such as location and size of cavity, identification date, cause of occurrence, and surrounding underground facilities to maximize cavity management effect with a system that can be computerized and mobile utilization.

Keywords: Road Subsidence, RFID, Cavity Exploration, Pavement Management System, Reader Recognition

요약

연구목적: 본 연구는 도로함몰 예방을 위하여 공동탐사시 확인된 공동 중 포장층의 재포장 공사 등에 의한 공동관련 위치 및 이력 정보를 알 수 없게 되어 누구라도 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 할 수 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템의 현장 적용성을 검토하는 것이다. **연구방법:** RFID 시스템에 의한 공동 인식거리, 인식 여부와 인식율, 태그 성능과 태그 종류, 리더기 간섭, 통신, 지하 매설물 영향, 중복 인식 등에 대하여 현장 적용성을 위한 기초실험을 수행하였다. **연구결과:** 태그와 리더기 인식 심도, 태그 정보 입력 및 리더기 인식 여부 결과, 기초 실험에 적용된 전자태그칩과 리더기는 도로 공동이 위치한 현장 환경에서 효과적으로 적용성이 있는 것으로 판단된다. **결론:** 포장도로관리시스템의 현장 적용을 위한 RFID 태그에 공동위치를 포함하여 공동에 관한 확인 일자, 공동의 규모, 발생원인, 주변 지하매설물 등의 여러 가지 제반 정보를 저장하여 전산화 및 모바일 활용도 가능한 시스템으로 공동 관리 효과를 극대화 할 수 있다.

핵심용어: 도로함몰, 전자식별, 공동탐사, 포장도로관리시스템, 리더기 인식

Received | 13 June, 2019

Revised | 14 June, 2019

Accepted | 30 September, 2019

 OPEN ACCESS


This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

서울시는 서울 시내 도심지 도로에서 도로함몰이 빈번하게 발생하여 시민들의 불안을 해소하고 보다 안전하게 통행할 수 있는 도로환경을 조성하고자 2014년 “도로함몰 특별관리대책”을 수립하여 도로함몰 발생원인인 노후 하수관로 관리 강화, 굴착공사장 관리 강화, 지하수의 체계적인 관리 강화와 그리고 사전탐지 활동 강화, 시민불안 해소 및 홍보 등을 수행하였다 (Seoul Metropolitan City, 2014; 2015). 2016년에는 “도로함몰 관리 종합대책”으로 도로함몰 예방시스템 운영계획을 수립하여 서울시 포장도로관리시스템을 운영 관리하고 있다. 이는 도로함몰 전산시스템 구축으로 도로함몰 DB와 도로함몰 예측 분석, 실시간 신고 운영 시스템, 도로함몰 대응 매뉴얼 시행과 도로함몰 예방 시공 지침을 마련하였다. 또한, 도로하부에 존재하는 공동은 궁극적으로 도로함몰로 발전할 가능성이 높으므로 “도로함몰 특별관리대책”의 도로함몰 예방을 위한 이행방안으로 2015년부터 “안심도로” 확보를 위하여 도로함몰 발생 전 예방활동인 도로공동 탐사를 실시하고 있다(Seoul Metropolitan City, 2018b).

최근에는 지반 내 공동 탐사 기법 중 지표투과레이더(Ground Penetrating Radar, GPR) 탐사 방법이 신뢰성이 높은 방법으로 인정되고 있으며, 지반함몰에 대응하기 위한 가장 적합한 기술로 평가되고 있다. GPR 탐사는 탐사심도가 얇은 환경오염대 조사, 지반조사, 또는 구조물의 비파괴 검사분야에 뛰어난 적용성을 가진다. 특히 이 방법은 다른 탐사법에 비해 상대적으로 짧은 파장의 전자기파를 사용하므로 분해능이 높으며, 매질간의 유전율 차이에 의한 전자기파의 반사와 회절 현상 등을 측정하고 이를 해석하여 지하구조를 파악하는 물리탐사 방법이다(Kim et al., 2016). 도로 공동 탐사는 1차 GPR 조사와 2차 공동 확인 시추 조사를 실시하고 확인된 공동은 공동신속복구를 실시하고 복구가 완료된 공동은 공동신속복구결과 조사서를 작성하고 있다(Seoul Metropolitan City, 2018a).

공동의 긴급한 복구 대상 기준은 천공점에서 1.5m 이내에 하수관로나 맨홀이 없는 곳에 실시하며 유동성 채움재 주입시 추정량의 1.5배를 주입하여도 채움재가 차오르지 않을 경우 주입을 중단하고 고무패킹과 상온아스콘으로 임시복구를 실시한다. 서울시에서는 공동신속복구 미실시 공동과 유동성 채움이 중단된 공동에 대하여 각 관할 도로사업소에서 직접복구 및 유지관리를 실시하고 있다.

도로 사업소에서 직접복구 및 유지관리 공동에 대하여 도로 노면에 표시된 공동위치 표시 마크가 도로 재포장공사 또는 기타공사나 시간 경과 등에 의하여 공동 표시 마크가 망실되는 경우가 발생하는 사례가 있어 추후 공동 복구나 유지관리시 정확한 공동 위치 확인이 어렵게 된다. 이때 공동 위치를 확인하기 위하여 추가 탐사를 위한 인력에 의한 비용이 발생된다. 또한, 도심지내에서 발생하는 지반함몰 현상을 예방하고 대응하기 위해 관련 실험 및 수치해석, 그리고 발생된 공동의 긴급복구를 위한 연구가 활발히 수행되고 있지만, 복구된 공동의 2차 피해 방지에 대한 연구는 부족한 실정이다(Bae et al., 2016; Park et al., 2018). 본 연구에서는 이러한 사업소 직접복구 및 유지관리 공동에 대한 공동 확인의 문제점을 해결하기 위한 개선방안으로 RFID 시스템의 현장 적용성을 위한 기초실험을 수행하였다.

이론적 배경

RFID 원리와 활용

RFID란 마이크로칩을 내장하여 RF(Radio Frequency) 방식으로 안테나와 교신을 통하여 근거리, 원거리에서 읽고 쓰기

가 가능한 무선인식기술을 적용한 인식표를 일컫는 말로 국내에서는 “전파식별” 이란 용어로 정의하고 있다. 즉, RFID는 Radio Frequency Identification인 “전파식별”의 약자로 무선주파수를 이용하여 수 cm에서 수십 m에 떨어져 있는 사물이나 사람에 부착된 태그를 인식하여 태그로부터 정보를 주고받을 수 있도록 하는 기술이다. RFID 시스템 구성은 태그, 안테나, 리더 그리고 태그와 리더 사이의 교환되는 정보를 받아 서버나 네트워크로 전달해 주는 미들웨어 등으로 구성된다. 즉, 전파를 태그에 발송하는 안테나를 포함한 리더, 정보를 저장하고 리더와 데이터를 교환하는 태그, 그리고 태그와 리더를 통해 전달된 대량의 RFID 태그정보를 수집, 필터링하여 의미있는 정보를 요약하여 응용서비스에 전달하는 시스템소프트웨어인 미들웨어로 구성된다. Fig. 1은 RFID 기술의 구성을 나타낸 것이며, 동작 과정은 ① Reader/Writer 기기를 통해 태그의 메모리에 정보 저장, ② 안테나 전파영역 내에 태그진입, ③ 태그의 칩에 전원 공급, ④ 태그의 메모리에 저장된 정보를 Reader가 전송, ⑤ Reader는 정보처리 시스템에 전달하게 된다(Park, 2006; Oh et al., 2011).

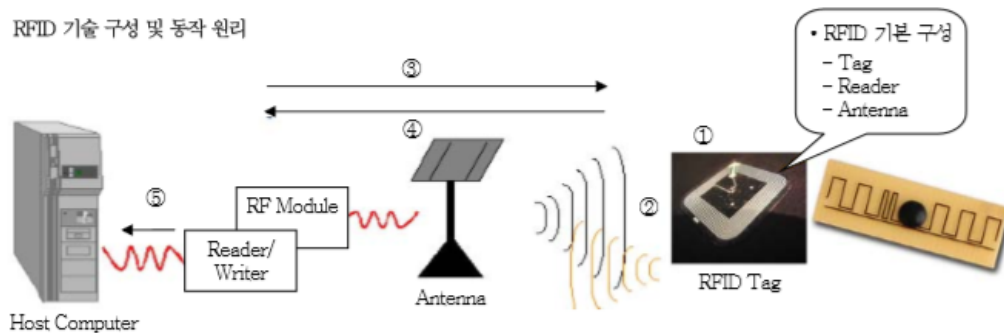


Fig. 1. Composition of RFID technology

RFID 기술은 주파수 대역에 따른 인식성과 응용범위가 다르며 태그 내의 배터리 유무에 따라 능동형 태그 및 수동형 태그로 나뉜다. 저주파일수록 태그 인식 속도가 늦고 태그 크기가 큰 반면 환경 영향에는 고주파보다 강한 편이다. 그리고 고주파일수록 태그 인식 속도나 일괄 인식이 좋고, 태그 크기가 저주파에 비해 적은 반면 환경영향은 저주파 대역에 비해 민감한 편이다. 이러한 RFID의 특징은 비접촉식 방식으로 비가시 거리의 무선인식이 가능하고 read/write가 가능하며 반복, 재활용이 용이하고 동시에 많은 태그를 읽을 수 있다. 또한 이동 물체에 대한 인식이 가능하고 보안성과 자료처리의 신뢰성이 매우 높으며 장애물을 투과하여 인식할 수 있는 장점이 있다.

태그 기술의 초소형화는 나노 기술에 의한 반도체칩 개발로 가능하며, 하나의 칩에 센서, CPU, 메모리, RF 회로를 넣어 1×1mm 정도 크기까지 실현될 것으로 예상된다. 현재 태그 종류로는 초저가 태그를 위한 기술로 인피티온 등에서 개발중인 폴리머 반도체에 의한 플라스틱 트랜지스터, 미국 Inkode 사의 금속 파이버를 이용한 무칩태그, 그리고 표면 탄성파를 이용하여 무선 센서와 RFID를 결합한 saw 태그 등이 있다. 리더(reader) 기술로는 간섭을 줄이기 위한 주파수 확산방식을 많이 쓰며 그 중에서도 주파수 호핑 방식을 주로 사용하고 한 개의 리더로 여러 대역의 RFID 태그를 인식할 수 있는 기술, PDA 등에 부착되는 휴대형 리더, 다양한 RFID 제품을 인식할 수 있는 멀티프로토콜 리더 등 복합 기능을 갖는 제품들이 등장할 것으로 전망 된다. 안테나 기술로는 간섭을 줄이기 위한 안테나 어레이 기술, 빔성형 안테나 기술을 개발중이며 그 밖에 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술을 개발하고 있다(Kwon, 2004).

서울시 도로함몰 대책

2014년 8월 서울시에서 도로함몰에 대한 시민들의 불안을 조기에 해소하고 보다 안전하게 통행할 수 있는 도로환경을 조성하고자 “도로함몰 특별관리 대책”을 수립하였다(Seoul Metropolitan City, 2014; Lee and Yoon, 2017). 주요 내용은 ① 석촌 지하철도 공동발생원인 ② 복구 및 주민 안심, 타 지하철 구간 안전대책 ③ 3대 발생 원인별 “서울시 도로함몰 특별대책” ④ 도로파손 패러다임을 신고 전 사전탐지로 전환 ⑤ 시민 정보공유 및 정책 참여 활성화이다.

원인별 대책으로는 ① 노후 하수관로 관리강화, ② 굴착공사장 관리 강화, ③ 지하수의 체계적 관리강화이다. 사전탐지활동 강화로는 ① 첨단 탐사장비 확충, ② 주민·택시기사·공무원의 순찰활동 강화, 긴급 출동반 24시간 상시 운영이며, 전담조직 강화 및 전문인력 양성을 위해서 ① 전담조직 강화 및 전문인력 양성, ② 공동탐사 분석기술향상 대책이 포함되어 있다. 또한, 시민불안 해소 및 홍보 계획으로 ① 언론방송용 실시간 자료제공 창구를 시홈페이지에 개설 운영, ② 시민 누구나 참여 가능한 페이스북 등 SNS계정 운영, ③ SNS상 싱크홀 괴담 유포자 처벌요청(⇒ 서울경찰청), ④ 기자설명회 개최 및 보도자료 제공, 홍보 가용매체를 동원하여 특별대책 집중 홍보, ⑤ 관계기관·학계의 대처방안 모색을 위한 도로포장 관련포럼 개최 등의 도로 함몰 관리의 주요 내용을 포함하고 있다.

2016년 서울시는 도로환경에 맞는 4단계 “공동관리등급”을 최초 마련하여 이를 관리하고 도로함몰을 사전예방하고 사후 관리대책으로 “도로함몰 관리 종합대책”을 실시하였다(Seoul Metropolitan City, 2018b; Lee and Yoon, 2017). 주요내용은 사전예방대책으로 ① 도로함몰 관리시스템 운영과 사후대책으로 ② 실시간 신고/보수 대책, ③ 도로함몰 대응 매뉴얼과 ④ 도로함몰 예방 시공지침 마련 등이다.

포장도로관리시스템 구축으로 ① 도로침하, 도로함몰, 탐사공동 입력을 통한 DB구축, ② 30년 이상 노후 하수관로 및 침수지역·지하시설·대형건축물 등 취약시설(지점) 입력, ③ 다양한 분석(통계분석, 관로노후화 분석 등)을 통해 순찰·탐지 및 유지보수 등 최적의 포장도로관리시스템 구축 등이 포함되어 있다. 포장도로관리시스템 운영은 ① DB 구축(도로침하, 도로함몰, 탐사공동, 탐사구간 구축, 지하매설물 12종, 지하수 2종(지하수위, 관정), 지질2종, 포장관리 및 굴착복구 정보) 등이다.

도로함몰 발생정보 실시간 안내와 더불어 2017년 10월부터는 도로함몰 발생시 신속조치를 위한 도로함몰 대응 매뉴얼 마련 시행하고 있다. 또한, 2018년 4월부터는 부실공사 관련 도로함몰 예방을 위한 도로함몰 예방 시공지침 마련되어 관로부설 공사, 뒤채움/뒤메우기공사, 굴착공사, 터널공사에 대한 단계별(착수/시공/준공) 준수사항 및 처벌규정이 제시되었으며, 시, 자치구, 공사, 공단의 공사시행부서 및 지하시설물 유지관리 부서에 적용하고 있다(Seoul Metropolitan City, 2018b).

RFID를 이용한 실험 내용 및 방법

RFID를 이용한 서울시 공동관리시스템 적용성을 위하여 태그의 종류 선정과 태그 위치 심도 등에 대한 태그와 리더기의 인식 거리 실험 방법 등에 대한 정보를 획득하기 위한 사전 종류별 전자태그와 리더기의 인식 실험을 수행하였다(Joo et al., 2017). 실험항목으로는 ① 전자태그 종류별 리더기 인식 실험, ② 주변 상호 간섭 영향 인식 실험, ③ 강우 영향 인식 실험이다.

본 연구에서 사용한 RFID의 주요장비는 태그와 리더기로 구성되며 본 장비의 RFID의 주파수 대역별 특징은 Table 1과 같으며, 본 연구에 적용된 태그와 리더기의 주파수는 현장여건과 인식속도 및 인식거리를 감안하여 극초단파인 900MHz를 적용하였다.

Table 1. Characteristics of RFID by frequency band

Item	Low frequency	High frequency	Ultrahigh frequency
Frequency	125 KHz	13.56 MHz	900 MHz
Recognition distance	~10 cm	~30 cm	~10 m / ~100 m
General characteristic	Widely used, relatively expensive	No performance degradation due to environment, Multi-tag recognition	Real-time tracking, Suitable for humidity environment, Low-cost production possible
Mode of operation	Passive	Passive	Passive/Active
Application field	Process automation, Access control, animal care	Baggage management, Transportation card, Access control	Supply management, Automatic toll collection
Recognition velocity	Low	Middle	High
Tag size	Large	Middle	Small

RFID 태그는 통합된 안테나를 갖춘 IC칩을 말하며 장비나 사물 등에 삽입되어 무선주파수를 사용한 리더기를 통해 인식 되는 과정을 거친다. 태그는 전원의 유무에 따라 능동형과 수동형으로 구분할 수 있다. 태그의 종류는 일반카드형, 라벨형, 손목밴드형, 열쇠고리형, on-메탈태그, 원형태그, 특수태그 등이 있다. 본 연구에서 사용된 태그는 Fig. 2와 같이 수동형 태그인 900MHz로서 전자 태그칩 내부의 인쇄면적(지름, 두께 등)과 재질(메탈, ABS소재 등) 등을 고려하여 각각 5개 종류를 선정 하였다. 각 태그별 지름 및 두께 측정은 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

Fig. 4는 본 연구에 적용된 리더기는 900MHz 핸드헬드 리더기로 현장에서 태그를 인식하며 스마트폰과 블루투스로 연동 된다.

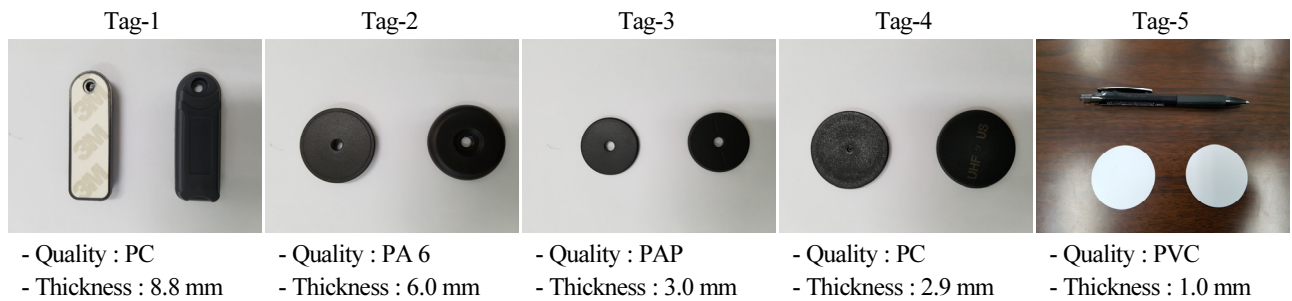


Fig. 2. Specification as tag type














Item	Diameter	Thickness	Tagged photograph
Tag-1	 50.0mm	 8.7mm	 -
Tag-2	 34.2mm	 6.0mm	 -
Tag-3	 30.0mm	 3.0mm	 -
Tag-4	 21.8mm	 2.9mm	 -
Tag-5	 50.0mm	 약 1.0mm	 -

Fig. 3. The Size by tag type



Fig. 4. Interworking the reader with smart app.

실험 결과 및 분석

심도별 실험 결과 및 분석

태그칩의 종류에 따라 각각 지표하부 5cm 심도와 아스팔트 노면 상부에서 태그와 리더기의 인식거리 및 인식율에 대한 실험을 실시하였다. 인식율 실험은 리더기를 태그 상부 0.5~1.0m 지점에서 태그를 향하여 태그 종류에 따라 종방향과 횡방향으로 2회씩 총 4회 실시하여 평균 인식거리와 인식율을 기록하였다. 인식율은 일부 방향에서 리더기에 의한 인식이 되지 않는 경우를 반영하였으며 인식지점에서의 거리(리더기와 태그와의 거리)를 기록하였다(Joo et al., 2017). 지표하부 심도 5cm에서의 태그 종류별 테스트 결과, 인식거리 및 인식률은 Table 2와 같다. 지표하부 심도 5cm에 태그를 매설하였을 경우, 평균 인식거리는 0.17~0.44m, 인식율은 75~100%로 태그에 따른 차이를 나타내고 있다.

Table 2. Recognition rate and distance by subsurface tags

Item	Tag-1		Tag-2		Tag-3		Tag-4		Tag-5	
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
Test (m)	0.50	0.35	0.50	0.30	0.35	-	0.20	0.15	0.15	-
	0.40	0.50	0.40	0.35	0.30	0.15	0.25	-	0.20	0.15
Recognition distance	0.44 m		0.34 m		0.27 m		0.20 m		0.17 m	
Recognition rate	100 %		100 %		75 %		75 %		75 %	

아스팔트 상부 표층에서의 태그 종류별 테스트 결과, 인식거리 및 인식률은 Table 3과 같으며, 평균 인식거리는 0.15~1.21m, 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 보이고 있다.

Table 3. Recognition rate and distance by surface upper tags

Item	Tag-1		Tag-2		Tag-3		Tag-4		Tag-5	
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
Test (m)	1.15	1.25	0.55	0.60	0.25	0.30	0.10	0.20	0.10	0.20
	1.25	1.20	0.80	0.85	0.20	0.25	0.20	-	0.15	-
Recognition distance	1.21 m		0.70 m		0.25 m		0.17 m		0.15 m	
Recognition rate	100 %		100 %		100 %		75 %		75 %	

전자태그칩의 심도를 흙 속 5cm 하부와 아스팔트 지표상부 표층에서의 태그 종류별 평균 인식거리 및 인식율을 분석한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 심도에 따른 태그별 실험결과, 인식거리는 약 0.10~1.25m 범위로 측정되었으며 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 보여준다. 전반적으로 전자태그칩 내부의 인쇄 면적이 넓고 조밀한 Tag-1과 Tag-2의 인식거리가 길고 인식율은 100%를 보여주며 그 외 Tag-3, Tag-4, Tag-5는 별 차이가 없이 인식거리가 짧고 인식율은 75~100%를 보

여준다.

인식거리가 양호한 Tag-1과 Tag-2의 경우, 아스팔트 상부 지표(공기 중)에서의 측정이 흠속에서 측정치보다 약 0.36~0.77m 인식거리가 큰 편이며 Tag-3, Tag-4, Tag-5의 경우는 큰 차이가 없다. 인식율은 Tag-1과 Tag-2는 100%이며 Tag-4와 Tag-5는 75%로 태그칩의 두께가 얇은 경우 인식거리가 짧고 인식율이 낮은 편이다. 또한 각 태그별 인식거리범위 변화는 방향별 약 0.1~0.2m 범위로 차이가 적은 편이다.

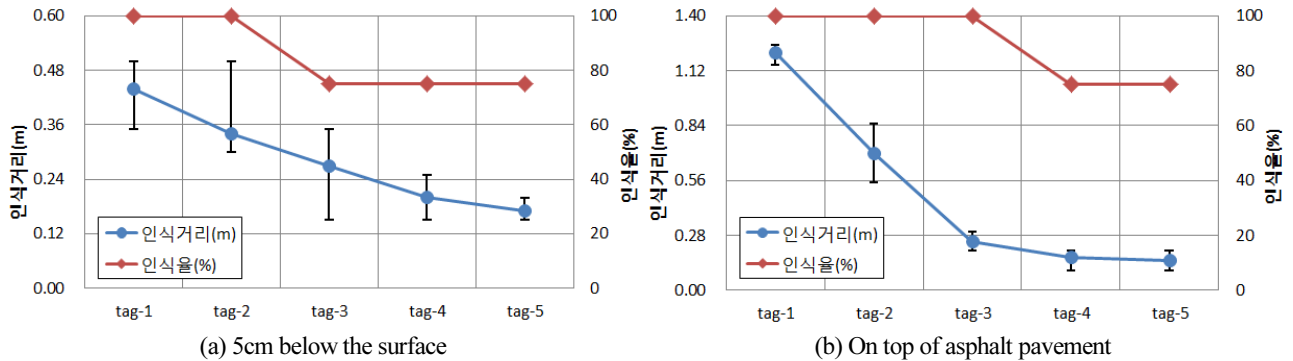


Fig. 5. Recognition distance and rate according to the location of the tag

주변 상호 간섭에 따른 실험 결과

지하매설물과 강우에 의한 태그 인식 영향을 측정하기 위한 맨홀과의 거리와 물의 영향에 따른 태그인식 실험을 실시하였다(Kim et al., 2016). 태그가 맨홀 상단에 직접 접촉시에는 리더기 인식이 되지 않아 태그를 맨홀 인접 위치(약 5cm이격)에서 태그 종류별 실험 결과, 인식거리 및 인식율은 Table 4와 같으며, 평균 인식거리는 0.35~1.38m, 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 보이고 있다.

Table 4. Recognition rate and distance according to adjacent to manhole

Item	Tag-1		Tag-2		Tag-3		Tag-4		Tag-5	
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
Test (m)	1.00	1.50	0.70	0.55	0.50	0.70	0.30	0.55	0.25	0.30
Recognition distance	1.38 m		0.78 m		0.48 m		0.43 m		0.35 m	
Recognition rate	100 %		100 %		100 %		75 %		75 %	

또한, 강우 시 도로 포장층 노면의 물의 영향에 대한 태그의 인식거리와 인식률을 태그 종류에 따라 실험을 수행하였다. 물을 채운 수조에 태그칩을 침수 시켰으며, 태그를 물 속 침수시의 태그 종류별 테스트 결과, 인식거리 및 인식율은 Table 5에

나타내었다. 결과, 평균 인식거리는 0.18~0.48m, 인식율은 75~100%로 인식거리가 짧으며 인식율도 다른 여건보다는 태그별 차이도 작고 양호한 편이다.

Table 5. Recognition rate and distance according to moisture effect

Item	Tag-1		Tag-2		Tag-3		Tag-4		Tag-5	
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
Test (m)	0.50	0.65	0.30	0.40	0.15	0.15	0.15	0.10	0.20	0.25
Recognition distance	0.48 m		0.30 m		0.19 m		0.18 m		0.23 m	
Recognition rate	100 %		100 %		100 %		100 %		75 %	

Fig. 6은 태그칩의 위치를 맨홀 인근과 침수 시에 의한 태그 종류별 평균 인식거리 및 인식율을 분석한 결과로서, 인식거리는 약 0.20~1.50m 범위로 측정되었으며 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 보여준다. 전반적으로 전자태그칩 내부의 인쇄 면적이 넓고 조밀한 Tag-1과 Tag-2의 인식거리가 길고 인식율은 100%를 보여주며 그 외 Tag-3, Tag-4, Tag-5는 별 차이가 없이 인식거리가 짧고 인식율은 75~100%를 보여준다. 인식거리는 Tag-1과 Tag-2의 경우가 전반적으로 양호한 편이며 맨홀 인근에서 태그별 인식거리 차이가 Tag-1과 Tag-5는 약 1.03m이나 침수 시에는 0.3m로 차이가 맨홀에 비해 적은 편이다. 맨홀에서 거리에 따라 측정된 Tag-4, Tag-5와 침수 시 Tag-5에서의 인식율은 75%이며 나머지는 100%로 도출되었다. 또한 각 태그별 인식거리 범위 변화는 방향에 따라 대략 0.1~0.2m 범위로 작게 나타났다.

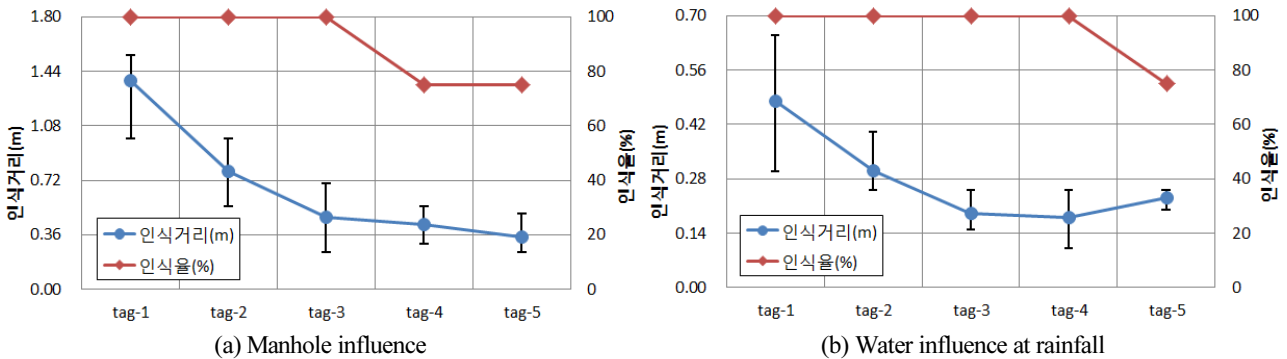


Fig. 6. Recognition distance and rate according to underground burials and rainfall

현장 적용성 반영

다양한 조건에서의 전자태그칩 종류에 따른 인식 실험 결과는 Fig. 7과 같다. 각 태그별 실험결과, 인식거리는 약 0.20~1.50m 범위, 인식율은 75~100%로 태그 위치 및 맨홀과 침수시 각 태그별 차이를 보여준다. 전반적으로 전자태그칩 내부의 인쇄 면적이 넓고 조밀한 Tag-1과 Tag-2의 인식거리가 길고 인식율은 100%를 보여주며 그 외 Tag-3, Tag-4, Tag-5는

차이가 적으며 인식거리가 짧고 인식율은 75~100%를 보여준다. 인식거리는 Tag-1과 Tag-2의 경우가 전반적으로 양호한 편이며 맨홀 인근에서 태그별 인식거리 차이가 Tag-1과 Tag-5는 약 1.03m이나 물에 침수 시켰을 때에는 0.3m로 차이가 맨홀에 비해 짧은 편이다. 맨홀에서 거리에 따라 측정된 Tag-4, Tag-5와 침수 시 Tag-5에서의 인식율은 75%이며 나머지는 100%로 도출되었다. 또한 각 태그별 인식거리 범위 변화는 방향에 따라 대략 0.1~0.2m 범위로 작게 나타났다.

따라서, 실제 현장에 적용하기 위한 태그별 사전 인식 실험결과를 볼 때, ① 지하매설물 영향 실험의 경우에는 인식거리 및 인식율이 양호한 Tag-1을 적용하고, 심도 10cm에서 지하매설물 종류별 실험을 수행함이 적합하며, ② 태그칩 위치 심도 및 태그별 현장 실험은 공동 상부 아스팔트 두께와 가복구용 고무마개 두께 5.0cm를 고려하고, 고무마개 상부 1개소, 하부 위치 심도(5cm 간격) 3개소와 각 태그별 5개에 대하여 각각 현장실험을 수행함이 최적으로 판단된다.

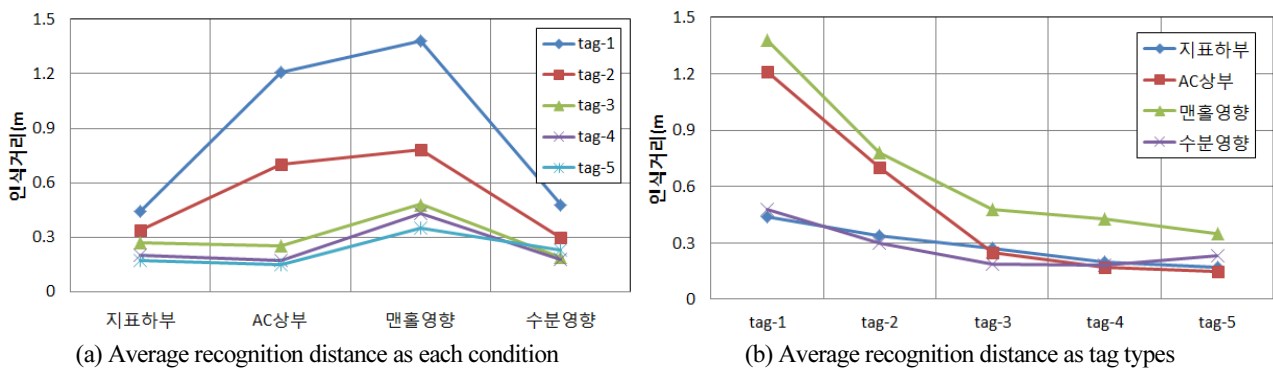


Fig. 7. Analysis of fundamental experiments for field application

결론

서울시는 서울시 도로함몰을 예방하기 위하여 2014년 “도로함몰 특별관리대책”과 2016년 “도로함몰 관리 종합대책”으로 “서울시 포장도로관리시스템”을 구축하여 운영하고 있다. 본 연구는 서울특별시에서 공동탐사시 확인된 공동 중 일반 및 관찰 등급으로 분류된 공동은 관리를 해야 하나, 재포장 공사 등에 의하여 공동 정보 및 위치를 알 수 없게 되어 누구라도 공동 관련 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 할 수 있는 RFID 시스템 적용을 위한 기초실험을 수행하였다. 서울시내 도로 하부에 공동이 위치하는 상부 포장층 내에 태그를 부착하여 태그 종류, 지하 매설물 영향, 강우 영향 등에 따른 공동 인식거리, 인식율을 측정하였다.

이에 포장층내 태그와 리더기 인식 심도, 태그 정보 입력 및 리더기 인식 여부 결과, 기초 실험에 적용된 전자태그칩과 리더기는 서울시 도로 공동 위치의 환경에서 효과적으로 적용성이 있는 것으로 판단된다. 또한, 전자태그와 리더기 및 스마트폰에 앱을 설치하여 구동하면 현장에서 효율적인 공동관리가 가능하다.

따라서, 서울시 포장도로관리시스템의 현장 적용시 RFID 태그에 공동위치를 포함하여 공동에 관한 확인 일자, 공동의 규모, 발생원인, 주변 지하매설물 등의 여러 가지 제반 정보를 저장하여 전산화 및 모바일 활용도 가능한 시스템으로 서울시 포장도로관리시스템과 연동될 경우 공동관리 효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

References

- [1] Bae, Y.S., Shin, S.Y., Won, J.S., Lee, D.H. (2016). The Road Subsidence Conditions and Safety Improvement Plans in Seoul. The Seoul Institute, 2016-PR-09, Seoul.
- [2] Joo, W.L., Kim, H.S., Jung, Y.A., Hong, Y.C. (2017). “Advanced Indoor Location Tracking Using RFID.” *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 18, No. 1, pp. 425-430.
- [3] Kim, G.B., Ryu, S.H., Choi, G.H. (2016). “A Commercial Passive Tag Read Range Test for Optimization of RFID Tag Packaging in a Precipitation Environment.” *Journal of The Korean Society for Urban Railway*, Vol. 4, No. 4, pp.689-695.
- [4] Kwon, S.W. (2004). “Technological Trends of RFID Technology and Its Application to Construction Sites.” *Building Construction*, Vol. 4, No. 5, pp. 50-56.
- [5] Lee, S.M., Yoon H.M. (2017). “A Study for Improvement of Policy on Ground Subsidence Prevention in Urban Areas.” *The Journal of Seoul Studies*, Vol. 18, No. 1, pp. 27-42.
- [6] Oh, S.W., Kim, S.J., Hwang, J.G., Bang, H.C. (2011). “Technology Trends on Logistics Information Synchronization Using RFID.” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 26, No. 6, pp. 86-96.
- [7] Park, J.H. (2006). “RFID Technology Trends and Its Application.” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 21, No. 3, pp. 137-146.
- [8] Park, J.J., Kim, K.S., Kang, H.H., Kim, J.H., Hong, G. (2018). “Evaluation of Physical Properties and Long-term Stability of Expansion Materials for Emergency Repair by Temperature.” *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol. 14, No. 1, pp. 80-89.
- [9] Seoul Metropolitan City(2014). Special management Measures for Road Sink.
- [10] Seoul Metropolitan City(2015). A Study on the Management Policy and Response Manual of Road Sink in Seoul.
- [11] Seoul Metropolitan City(2018a), 2017 Roadside Cavity Exploration Service(Step 2).
- [12] Seoul Metropolitan City(2018b), Maintenance Manual of Road Pavement in Seoul.