

도로하부 공동의 유지관리를 위한 RFID의 현장 적용성 평가

Field Application of RFID for the Cavity Maintenance of Under Pavement

박정준^{1*} · 신은철² · 김인대³Jeong Jun Park^{1*}, Eun Chul Shin², In Dae Kim³¹Research Professor, Incheon Disaster Prevention Research Center, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea²Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea³Graduate Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea

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

ABSTRACT

Purpose: The cavity exploration of the lower part of the road is carried out to prevent ground-sinking. However, the detected communities cannot be identified by the cavity location and history information, such as repackaging the pavement. Therefore, the field applicability of RFID systems was evaluated in this study to enable anyone to accurately identify information. **Method:** During temporary recovery, tag recognition distance and recognition rate were measured according to underground burial materials and telecommunication tubes using RFID systems with electronic tag chips attached to the bottom of the rubber cap. **Result:** The perceived distance and perceived rate of depth for each position of the electron tag did not significantly affect the depth up to 15cm, but it did have some effect if the depth was 20cm. In addition, water effects from nearby underground facilities and rainfall are relatively small, and the effects of wind will need to be considered during the weather conditions of the road. **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: Ground-sinking, Radio Frequency Identification, Cavity Exploration, Recognition Distance, Recognition Rate

요약

연구목적: 본 연구는 지반함몰 예방을 위하여 도로하부의 공동탐사를 실시한 후 확인된 공동 중 포장층의 재포장 공사 등에 의한 공동 위치 및 이력 정보를 알 수 없게 되어 누구라도 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 할 수 있는 RFID 시스템의 현장 적용성을 평가하였다. **연구방법:** RFID 시스템을 이용하여 맨홀, 전력관, 가스관, 통신관 등 지하매설물 및 태그 종류에 따른 아스팔트 하부의 깊이별 인식거리와 인식율 등 임시복구시 고무마개 하단부에 전자태그칩을 부착하여 현장 적용성을 평가하였다. **연구결과:** 전자태그의 위치에 대한 심도별 인식거리 및 인식율은 심도 15cm까지는 큰 영향이 없으나 심도 20cm인 경우 다소 약한 편이다. 그리고 매설물이나 강우 시 침수 등에 대한 영향은 적은 편이며 도로의 기상 상황 특히 바람의 영향이 있어 측정 시 이를 감안하여야 할 것이다. **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 공동관리 효과를 극대화 할 수 있다.

핵심용어: 지반함몰, 전자식별, 공동탐사, 인식거리, 인식율

Received | 24 July, 2019

Revised | 1 August, 2019

Accepted | 4 November, 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 any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

과거 성수대교와 삼풍백화점 붕괴 등 대형시설물의 사고가 발생하면서 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하, 시특법)이 제정되었지만, 끊이지 않는 사고로 2018년 시특법 대상 시설물로 기존 1, 2종 시설물에서 3종 시설물이 포함되었다. 특히, 최근 우리나라는 지진등과 같이 자연적 현상에 의한 피해뿐만 아니라, 하수관 손상, 굴착공사 관리소홀, 지하수위 저하 등의 인위적인 현상으로 초래된 지반함몰로 인적·재산적 피해를 입고 있다.

서울시 지반함몰은 대부분 소규모(면적 1m^2 , 깊이 1m 미만)로 발생하였으며, 보행 및 교통안전을 감안하여 가로 2m 이상 세로 2m 이상은 특별관리 대상으로 지정·관리하고 있고, 2010년 이후에 총 21건이 발생하여 현재는 보수가 완료되어 있는 상태이다. 또한, 서울시는 시민들의 불안을 조기에 해소하고 보다 안전하게 통행할 수 있는 도로환경을 조성하고자 2014년에 도로함몰 특별관리 대책을 수립하여 발표하였다. 그 후에도 지속적으로 지반함몰의 발생으로 추가적인 지반함몰 안전관리 정책을 수립한 바 있다(Bae et al., 2016; Park et al., 2018). 서울시에서 5년 동안 공동 탐사한 결과를 보면 아스팔트 표층에서부터 깊이 0.8m 미만의 포장층에서 81%, 0.8~1.5m의 매설물층에서 17%, 1.5m 이상의 깊은 층에서 2%의 공동이 발견되어 지하매설물 평균심도(지하 1.5m 이내)에 분포하는 공동이 98%로 밝혀져 공동규모가 소형이면서 얇은층에서 주로 도로함몰 발생 양상이 나타났다. 이러한 공동은 일정기간이 경과한 후 공동 확장으로 지반함몰 발생 가능성이 높아진다(Shin et al., 2019).

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. 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(David, 2005). 1차 탐사에서 산정된 종방향 및 횡방향 평면의 공동 규모와 2차 조사에서 내시경 촬영에서 확인된 공동두께와 깊이를 기준으로 서울시 공동관리기준에 의거 토피고 및 아스팔트 콘크리트 포장 두께와 공동의 규모, 포장면의 균열깊이 등을 고려하여 긴급, 우선, 일반, 관찰 등의 4가지 등급으로 분류하고 있다. 이때 일반, 관찰 등급 공동에 대하여 성장과정을 모니터링하기 위해서는 GPR 파형을 통한 정확한 공동의 규모 산정과 지속적인 유지관리가 필요하다(Shin et al., 2019).

공동신속복구 대상 공동 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 시간 경과 등에 의하여 공동 표시 마크가 망실되는 경우가 발생하는 사례가 있어 추후 공동 복구나 유지관리 시 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. 본 연구에서는 RFID를 이용한 포장도로관리시스템 적용성을 위하여 도로하부 공동에 대한 임시복구 공동에 대하여 가복구시 고무마개하단부에 전자태그 칩을 부착, 리더기에 의한 전자태그 인식여부의 현장실험을 실시하였다.

공동의 위험등급 및 RFID 활용

최근 4년간 우리나라의 지반함몰 발생건수는 2011년 573건에서 2015년 1,035건으로 증가하고 있으며, 이 중 약 88%가 서울시에서 발생하고 있다. 도심지의 지반함몰 주원인은 상·하수도 등 지하매설물 손상이 78%로 압도적으로 높게 나타났으며 이외 굴착복구 미흡, 공사장 지하수 유출 등이 원인으로 나타나고 있다(Lee et al., 2017). 도로함몰은 “도로 위를 통행하는 차량의 하중을 도로포장 부분이 지탱할 수 없게 되어 갑자기 발생하는 도로의 재해”로써 도로의 통행에 장애가 발생하며, 인명과 관련된 중대한 사고로 이어질 수 있는 위험성이 크기 때문에 노면하부 공동 조사를 통하여 위험등급을 분류하여 복구 방안을 수립하여 관리하는 것이 매우 중요하다. 서울시는 국내기준이 마땅히 없어 2014년부터 일본 간선도로의 공동 관리기준을 적용하였으며, 공동의 폭과 토피에 따라 A급(우선복구), B급(우기철 이전 복구), C급(일정기간 관찰 후 복구)으로 관리등급을 도입하여 적용해왔으나, 국내와 일본의 도로상황이 달라 국내 실정에 맞도록 실제 공동이 확인된 지점에 차량하중 재하실험을 통한 파괴실험 등 다양한 연구를 거쳐 2016년에 자체적으로 공동관리 기준을 마련했으며 공동상부 토피의 두께와 아스팔트 포장층 두께 및 공동의 폭에 따라 Fig. 1과 같이 긴급복구, 우선복구, 일반복구, 관찰대상의 4개 단계로 구분하여 관리하고 있다(Chae, 2017; Lee et al., 2017). 이에 도로함몰에 대한 시민들의 불안을 조기에 해소하고 보다 안전하게 통행할 수 있는 도로환경을 조성하고자 “도로함몰 특별관리 대책”을 수립하였다(Lee et al., 2017).

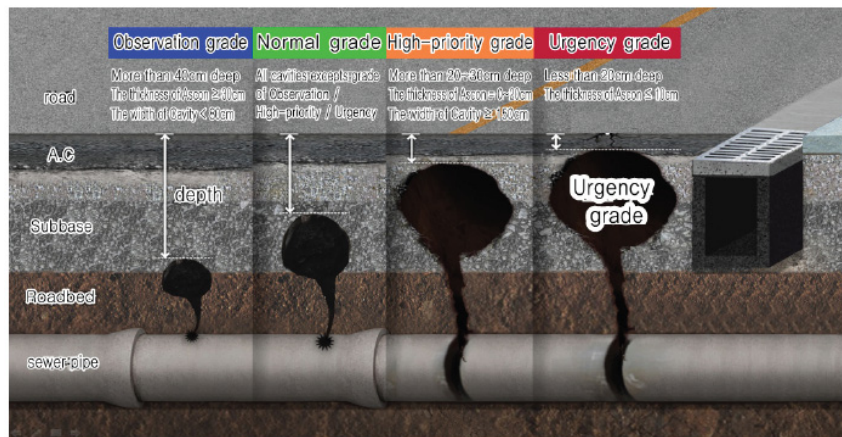


Fig. 1. Seoul city cavity management standard

도로하부 공동관리 및 지하시설물 유지관리에 이용할 수 있는 RFID는 마이크로칩을 내장하여 RF(Radio Frequency) 방식으로 안테나와 교신을 통하여 근거리, 원거리에서 읽고 쓰기가 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 리더기를 통해 전달된 대량의 RFID 태그정보를 수집, 필터링하여 의미있는 정보를 요약하여 응용서비스에 전달하는 시스템 소프트웨어인 미들웨어로 구성된다(Joo et al., 2017; Kim et al., 2016; Park,

2006; Oh et al., 2011).

RFID 기술은 주파수 대역에 따른 인식성과 응용범위가 다르며 태그내 배터리 유무에 따라 주동형 태그와 수동형 태그로 나눈다. 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 Inkcode 사의 금속 파이버를 이용한 뮤칩태그, 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 개발 중이며 그 밖에 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술을 개발하고 있다(Kwon, 2004).

RFID를 이용한 현장실험 방법

RFID를 이용한 포장도로관리시스템의 적용을 위하여 서울시 도로하부 공동의 임시복구 공동에 대하여 가복구시 고무마개 하단부에 전자태그칩을 부설하여 리더기에 의한 전자태그 인식여부를 시험하였다. 현장에서의 태그 시험 항목은 다음과 같다.

① 지하매설물 영향에 따른 실험

- 인근 지하매설물(맨홀, 스틸 그레이팅, 전력 매설관, 가스관, 통신관) 영향으로 인한 태그 인식거리 및 인식을 여부
- 적용 태그는 기초실험 결과 시 인식거리가 크고 인식율이 양호한 재질은 PC, 두께는 8.8mm인 태그-1을 적용
- 태그 위치 심도는 하부 10cm에서 지하매설물 종류별 실험

② 태그칩 위치 심도, 태그별 실험

- 공동 상부 아스팔트 두께와 가복구용 고무마개 두께 5.0cm를 고려하여 실험 종류 및 심도 선정
- 가복구 고무마개 직상부(심도 5cm)위치에 대하여 각 태그별(tag-1, tag-2, tag-3, tag-4, tag-5) 인식거리 및 인식을
- 가복구 고무마개(두께 5cm) 하부 태그 심도 3개소(10cm, 15cm, 20cm)에 대해 각 태그별로 인식거리 및 인식을

현장 실험 방법은 지하매설물인 맨홀, 전력 통신선 등에 대한 간섭 영향과 태그종류에 따른 아스팔트 포장층 하부 심도별 태그와 리더기의 인식을 및 인식거리 사전 실험 결과를 반영하여 현장에서 수행하였다.

태그와 리더기의 인식거리 및 인식을 실험은 우선, 공동탐사에 의하여 확인된 공동에 대하여 현장 테스트 전 확인공동에 대한 공동정보에 따라 인접 매설물 여부, 공동상부 도로포장부 두께, 차로수 등을 반영하여 테스트 조건으로 분류하여 테스트 공동을 선정하였다. 그리고 태그칩 점검 및 공동정보를 입력하고 스마트폰에 어플 앱을 설치하여 점검하였다. 테스트 분류 조건으로 태그별로 임시복구를 위한 고무마개에 태그칩을 부착하여 포장층 상부에 설치하여 복구를 실시하였다. 인식거리 테스트로 리더기를 태그 위치 상부 0.5~1.0m 지점에서 태그를 향하여 태그 종류별 종방향, 횡방향, 대각선방향으로 각각

2회씩 총 8회 인식 테스트를 실시하여 평균 인식거리와 인식률을 기록하여 결과를 분석하였다. RFID를 적용한 현장 실험의 주요 과정은 Fig. 2와 같다.



Fig. 2. Field experimental process

실험 결과 및 분석

매설물 주변 인식 실험 결과

매설물에 대한 시험은 기 수행한 기초실험 결과, 태그가 맨홀 상단(직접 접촉)에 위치할 시에는 인식이 되지 않아 태그를 맨홀 인접 위치(약 5cm이격)에서 실시하였다. 태그는 인식거리가 길고, 양호한 인식율을 보이는 tag-1의 전자 태그칩을 적용하여 테스트를 실시하였으며, 인식거리 및 인식률은 Table 1과 같다.

Table 1. Recognition distance according to underground facilities in the surrounding area

Items	Manhole	Steel grating	Electric power pipe	Gas pipe	Communication conduits
Range of recognition distance (m)	0.8~3.2	2.0~6.0	0.0~4.0	2.2~4.0	2.0~4.0
tag-1 Average recognition distance (m)	2.1	4.6	2.0	3.0	3.0
Recognition rate (%)	100	100	63	100	100

tag-1 의 전자태그를 적용하여 각 매설물(맨홀, 스틸 그레이팅, 한전 매설관, 가스관, 통신관)에 대하여 아스팔트 하부 10cm 위치에 대하여 실시하였으며 매설물별 인식거리 범위와 평균 인식거리 및 인식율은 Fig. 3과 같다. 실험결과, 인식거리는 약 0.0~6.0m 범위로 측정되었으며 인식율은 63~100%로 매설물별 차이를 나타내었다. 평균 인식거리는 스틸그레이팅이 4.6m로 우수하였고 다른 매설물들은 2.0~3.0m로 비슷한 경향을 보였다. 인식율은 한전매설관 인근에서 63%를 보였으며 기타 매설물 주변은 100%를 나타내었다.

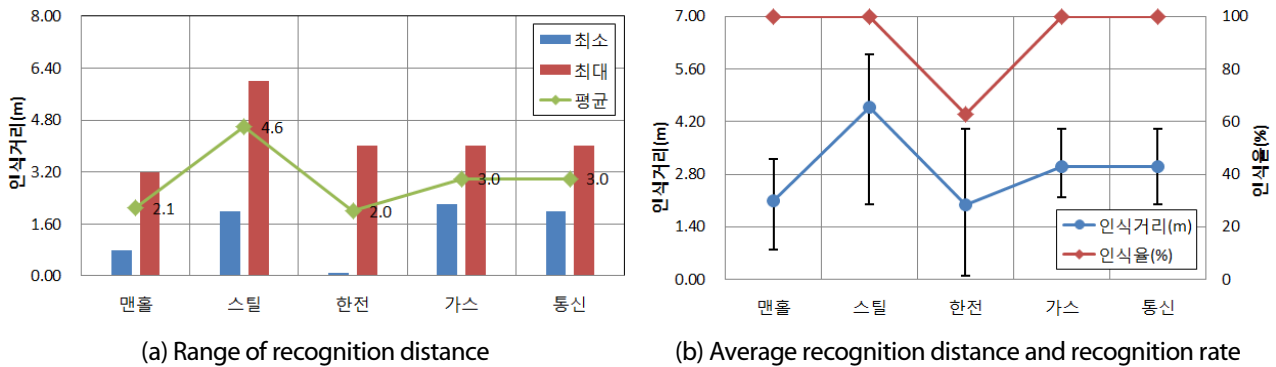


Fig. 3. Field test results according to the influence of underground facilities

심도별 실험 결과

공동이 위치하는 도로 아스팔트 포장층 하부 심도 5cm, 10cm, 15cm, 20cm에 대한 태그종류별 태그와 리더기의 인식거리 및 인식율에 대한 실험을 실시한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Recognition distance by depth and tag type

Items		tag-1	tag-2	tag-3	tag-4	tag-5
Depth (5cm)	Range of recognition distance (m)	1.0~6.0	1.0~3.0	0.0~2.0	1.0~1.5	0.0~1.8
	Average recognition distance (m)	2.8	2.0	1.1	1.2	1.0
	Recognition rate (%)	100	100	88	75	88
Depth (10cm)	Range of recognition distance (m)	1.5~2.2	1.0~2.0	0.5~1.2	0.5~1.1	0.2~0.6
	Average recognition distance (m)	1.9	1.7	0.8	0.8	0.5
	Recognition rate (%)	100	100	75	75	88
Depth (15cm)	Range of recognition distance (m)	1.5~2.2	0.5~2.0	0.0~1.2	0.2~1.0	0.2~0.4
	Average recognition distance (m)	1.9	1.5	0.7	0.7	0.3
	Recognition rate (%)	100	100	63	50	50
Depth (20cm)	Range of recognition distance (m)	0.5~2.0	0.2~1.5	0.3~0.7	0.2~0.5	0.0~0.0
	Average recognition distance (m)	1.3	0.9	0.5	0.4	0.0
	Recognition rate (%)	100	100	50	50	0

태그칩의 심도를 포장층 하부 5cm(고무마개상부)와 하부 10cm(고무마개하부)에 대하여 태그별 인식거리 범위와 평균 인

식거리 및 인식율은 Fig. 4와 같다. 아스팔트 하부 태그 심도 5cm하부(고무마개 상부)에서의 태그 종류별 현장 실험 결과, 인식거리는 약 0.0~6.0m 범위로 측정되었으며 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 나타내었다. tag-1과 tag-2의 평균인식거리가 2.0~2.8m로 가장 길었고 대부분의 태그는 1.0~1.2m의 인식거리를 보여주었다. 또한, 태그 인식율은 tag-1과 tag-2가 100%로 높게 나타나고 나머지 태그는 75~88%의 인식율을 확인할 수 있었다.

아스팔트 하부 태그 심도 10cm하부(고무마개 상부)에서의 태그 종류별 현장 실험 결과, 인식거리는 약 0.2~2.2m 범위로 측정되었으며 인식율은 75~100%로 태그별 차이를 나타내었다. tag-1과 tag-2의 평균인식거리가 1.7~1.9m로 가장 길었고 대부분의 태그는 0.5~0.8m의 인식거리를 보여주었다. 또한, 태그 인식율은 tag-1과 tag-2가 100%로 높게 나타나고 나머지 태그는 75~88%의 인식율을 확인할 수 있었다.

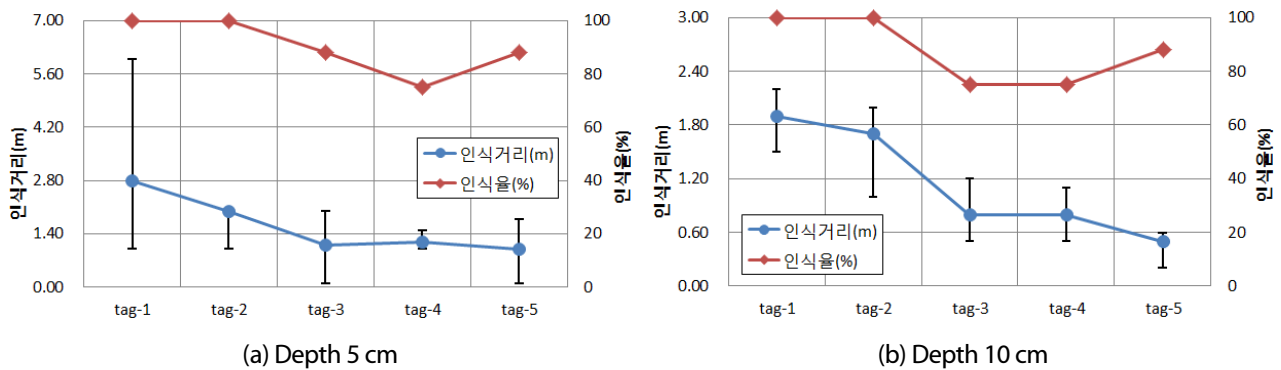


Fig. 4. Recognition distance and recognition rate with depth

태그칩의 심도를 고무마개 하부에 부착하여 위치심도를 포장층 하부 15cm와 하부 20cm에 대하여 태그별 인식거리 범위와 평균인식거리 및 인식율은 Fig. 5와 같다. 아스팔트 하부 태그 심도 15cm하부(고무마개 하부)에서의 태그 종류별 현장 실험 결과, 인식거리는 약 0.0~2.2m 범위로 측정되었으며 인식율은 50~100%로 태그별 차이를 나타내었다. tag-1과 tag-2의 평균인식거리가 1.5~1.9m로 가장 길었고 대부분의 태그는 0.3~0.7m의 인식거리를 보여주었다. 또한, 태그 인식율은 tag-1과 tag-2가 100%로 높게 나타나고 나머지 태그는 50~63%의 인식율을 확인할 수 있었다.

아스팔트 하부 태그 심도 20cm하부(고무마개 하부)에서의 태그 종류별 현장 실험 결과, 인식거리는 약 0.2~2.0m 범위로 측정되었으며 인식율은 0~100%로 태그별 차이를 나타내었다. tag-1과 tag-2의 평균인식거리가 0.9~1.3m로 가장 길었고 대부분의 태그는 0.0~0.5m의 인식거리를 보여주었다. 또한, 태그 인식율은 tag-1과 tag-2가 100%로 높게 나타나고 나머지 태그는 50%의 인식율을 확인할 수 있었다. tag-5의 경우 아스팔트 하부 20cm에서는 인식을 하지 않았다.

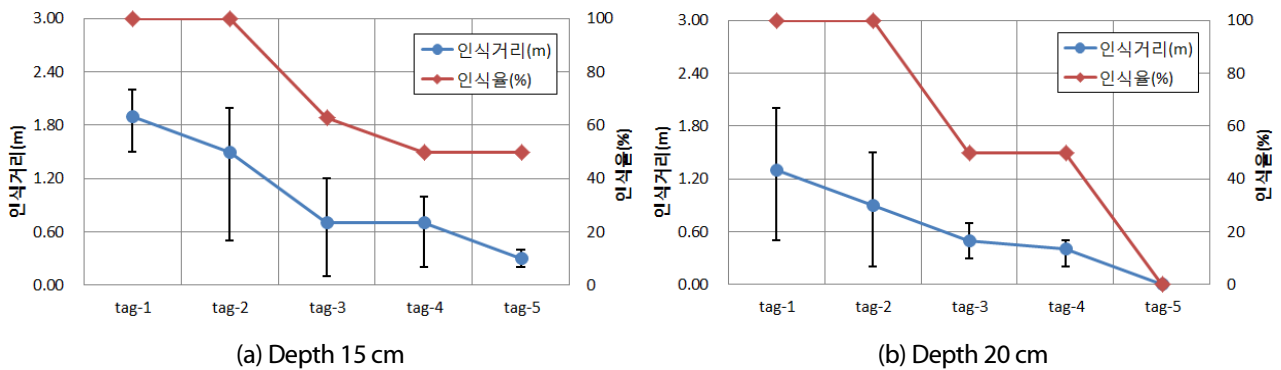


Fig. 5. Recognition distance and recognition rate with depth

태그칩 종류별 각 태그 위치 심도에 대한 현장 평균 인식거리와 인식율 및 인식범위에 대한 실험 결과는 Fig. 6과 같다. 각 태그별 현장 실험결과 인식거리는 약 0.0~6.0m 범위, 인식율은 0~100%로 태그 종류 및 심도별로 차이를 나타내었다. 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 비슷한 경향으로 인식거리가 짧고 인식율은 0~100%를 나타내었다. 인식거리는 tag-1과 tag-2의 경우가 전반적으로 양호한 편이며 매설 심도가 얕을수록 인식거리가 양호하였다.

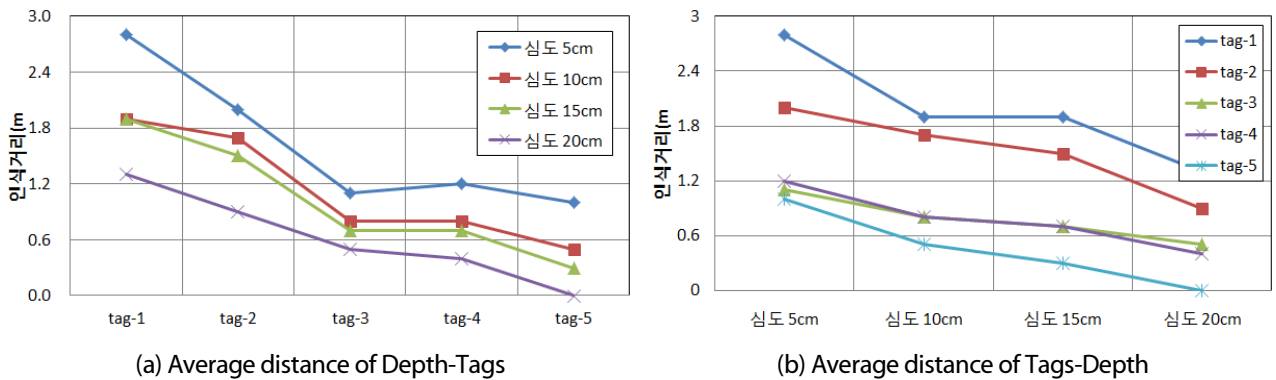


Fig. 6. Field test results

서울시 포장도로관리시스템 적용성

서울시는 서울시 도로함몰을 예방하기 위하여 2014년 “도로함몰 특별관리대책”과 2016년 “도로함몰 관리 종합대책”으로 “서울시 포장도로관리시스템”을 구축하여 운영하고 있다. 포장도로관리시스템은 도로함몰 관련 서울시 관리 공동에 대한 DB를 전산화하여 도로함몰을 예방하고 있다.

본 연구는 서울시 포장도로관리시스템을 활용할 수 있는 유지관리 공동의 관리 방안으로 RFID 적용성을 평가하였다. RFID란 “전자식별”의 약자로 무선주파수를 이용하여 수 cm에서 수십 m에 떨어져 있는 사물에 부착된 태그를 인식하여 태그로부터 정보를 주고받을 수 있도록 하는 기술이다. 이러한 “전자식별” 시스템은 현재 서비스 산업, 구매 및 유통, 재고관리 분야 등 다양한 산업에 적용하고 있다. 본 연구는 서울시내 도로 하부 예상 공동이 위치하는 상부 포장층내 태그를 부착하여

RFID 시스템에 의한 공동 인식거리, 인식 여부와 인식율, 태그 성능과 태그 종류, 리더기 간섭, 통신, 지하 매설물 영향, 중복 인식 등에 대한 서울시내 도로 상황에 대한 적용성에 관한 연구로서, 주요 결과는 다음과 같다.

① 포장층 내 태그와 리더기 인식 심도

유지관리 공동에 대한 가복구시 포장층 하부 15cm 이내 심도까지 전자태그에 대한 리더기 인식범위는 약 3.0~5.0m 범위이다.

② 태그 정보 입력 및 리더기 인식

전자태그는 수동형의 900MHz, 재질은 PC 메탈태그, 태그 폭은 6.0mm 이상이 적절하며, 리더기는 스마트폰 블루투스 와 연계로 유/무선 통신이 가능한 900MHz 핸드헬드형이 적절하였다.

③ 매설물 및 환경 영향

매설물과 전파 강우시의 침수 환경 등에 대해서는 크게 영향이 없으며, 외부 기후 요인(풍속 등)의 일부 영향이 있다.

결론

서울시는 서울시 도로함몰을 예방하기 위하여 2014년 “도로함몰 특별관리대책”과 2016년 “도로함몰 관리 종합대책”으로 “서울시 포장도로관리시스템”을 구축하여 운영하고 있다. 도로 공동관리 시스템은 도로함몰 관련 서울시 관리 공동에 대한 DB를 전산화하여 도로함몰을 예방하고 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 공동관련 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 할 수 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템의 현장 실험을 수행하였다. 서울시내 도로 하부 예상 공동이 위치하는 상부 포장층내 태그를 부착하여 RFID 시스템에 의한 공동 인식거리, 인식 여부와 인식율, 태그 성능과 태그 종류, 리더기 간섭, 통신, 지하 매설물 영향, 중복 인식 등에 대한 서울시내 도로 상황에 대한 현장 적용성을 평가하였다.

각 태그별 인식거리 및 인식율은 차이가 나며 전자태그칩 내부의 인쇄 면적이 넓고 조밀한 tag-1(3.0mm)과 tag-2(2.0mm)가 인식거리가 1.2~3.0m이며 인식율은 100%로 양호하며 태그 두께가 얇은 tag-5(0.1mm)의 경우는 리더기와 인식이 약한 편이다. 전자태그의 위치에 대한 심도별 인식거리 및 인식율은 심도 15cm까지는 큰 영향이 없으나 심도 20cm인 경우 다소 약한 편이다. 그리고 매설물 또는 강우 시 침수 등에 대한 영향은 적은 편이며 도로의 기상상황 특히 바람의 영향이 있어 측정 시 이를 감안하여야 할 것이다.

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 포장 도로관리시스템과 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] Chae, H.Y. (2017). "Study on Subsurface Collapse of Road Surface and Cavity Search in Urban Area." *Tunnel & Underground Space*, Vol. 27, No. 6, pp. 387-392.
- [3] David J. D. (2005). *Ground Penetrating Radar*. Encyclopedia of RF and Microwave Engineering. John Willy & Sons, Inc.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Kwon, S.W. (2004). "Technological Trends of RFID Technology and Its Application to Construction Sites." *Building Construction*, Vol. 4, No. 5, pp. 50-56.
- [7] Lee, K.C., Kim, D.W. Park, J.J. (2017). "Study on management system of ground sinking based on underground cavity grade." *Journal of Korean Geosynthetics Society*, Vol. 16, No. 2, pp. 23-33.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Park, J.H. (2006). "RFID Technology Trends and Its Application." *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 21, No. 3, pp. 137-146.
- [11] 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.
- [12] Shin, E.C., Park, K.S., Park, J.J. (2019). "A Fundamental Experiment for Field Application of the under Pavement Cavity Management System Using RFID." *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol.15, No.3, pp.391-401.