

# 항만 지하시설물 관리를 위한 Coded Signal GPR 활용 방안 연구

류지송\* · 박가현\*\* · † 장용구

\*,\*\*,† 한국건설기술연구원 지하공간안전연구센터

*Ji-Song Ryu\* · Ka-Hyun Park\*\* · † Yong-Gu Jang*

**요 약** : 정보통신 기술의 발달로 항만 및 항만배후단지에도 다양한 시설물들이 구축되고 있다. 그리고 구축된 항만 및 항만배후단지 시설물들은 「항만법」, 「지하안전관리에 관한 특별법」에 따라 지속적으로 유지관리 및 갱신을 수행하도록 하고 있다. 이에 본 연구에서는 항만 및 항만배후단지에 매설된 지하시설물을 비굴착방식으로 탐사하여 정확도를 확보할 수 있는 방안으로 Coded Signal 기반의 NM-GPR 방식을 제안했다. 그리고 실증을 통해 Coded Signal 기반의 NM-GPR의 정확도를 검토하였으며 향후 개선방향을 제시하였다.

**핵심용어** : 항만, 항만배후단지, 지하시설물, Coded Signal, NM-GPR

## 1. 서 론

정보통신 기술이 발전하면서 항만건설에도 다양한 시설물들이 설치되고 있다. 특히 제3차 전국 항만기본계획 수정계획에 따르면 스마트 포트 구축 및 항만물류기술 개발을 부산항을 대상으로 진행할 계획이며, 실증과 검증이 완료되면 ICT 기반의 항만을 전국으로 확대 구축 할 예정이다(해양수산부, 2016). 한편 「항만법」 제 32조에서는 매년 1회 이상 사용·관리하는 시설 장비를 자체 점검하도록 하고 있다. 또한 제65조(1종 항만배후단지관리지침)에 따르면 항만뿐만 아니라 1종 항만배후단지의 경우도 관리를 하도록 하고 있다(해양수산부, 2020). 이때 「지하안전관리에 관한 특별법」 제42조에 따라 항만 및 배후단지에서 발생하는 지하개발 건설사업의 경우 지하정보 개선계획 수립 및 갱신정보를 지하정보 관리기관의 장에게 제출하여야 한다(국토교통부, 2020). 따라서 본 연구에서는 항만 및 항만배후단지의 지하시설물의 유지관리 및 정확도 개선을 위한 비굴착 탐사방법의 활용방안을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 지배방정식

GPR 기술은 고주파를 탐사장비에서 방사시켜 되돌아오는 속도, 세기 등을 활용하는 레이더 탐사법을 지하공간에 적용시킨 기술이다(Travassos, X. L. et. al., 2018). GPR은 물리탐사법의 일종으로 볼 수 있으며 이 방식을 통해 지하매질물, 공동 등을 탐지할 수 있다. 공중으로 전자파를 방사시켜 정보를

습득하는 레이더와 달리 지하매질을 따라 전자파가 확산되기 때문에 전파되면서 습득되는 속도나 주파수에 따라 매질 층의 두께 및 위치정보를 습득할 수 있다는 차이점이 있다. 이처럼 주파수, 속도를 기반으로 GPR 탐사방식을 구분하면 Fig 1.과 같다.

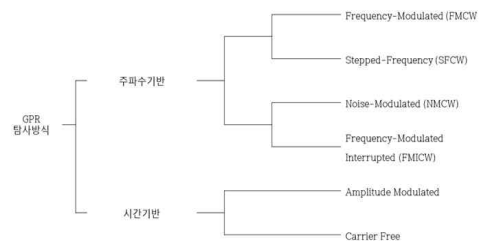


Fig 1. GPR detecting types

### 2.2 Coded Signal NM-GPR

GPR 탐사방식 중 NM(Noise-Modulated)기법은 연속적인 레이더파를 송수신 하면서 발생하는 노이즈 신호를 활용한다. 일정 대역만 사용하는 임펄스(Impulse)방식과 이것들을 중첩한 Step Frequency방식에 비해 초광대역 신호를 사용할 수 있다. 이 방식의 효율적 사용을 위해서는 Coded Signal 방식에 적용함으로써 매우 넓은 대역의 주파수를 활용하여 NM기법의 효율을 확대할 수 있다. 이 방식은 신호의 중첩을 통해 신호대비 잡음비(S/N Ratio)성능을 향상시킬 수 있고, Coded Signal 방식은 고출력뿐만 아니라 저출력으로 신호를 생성할 수 있어 잡음비가 높은 신호 취득이 가능하다(Kim, et. al., 2016).

† 교신저자 : 종신회원, wkddydrn@kict.re.kr

\* ryujisong@kict.re.kr

\*\* tgj@kict.re.kr

note) 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20DCRU-B158151-01)

### 3. 지하정보 정밀탐사 시스템 활용성 검증

광대역 주파수를 활용하여 잡음이 높은 신호 취득이 가능한 NM-GPR이더라도 지하시설물 탐사 중 반사와 회절 등으로 인해 정확한 지하시설물의 특성을 판단하기 어려운 경우가 발생한다. 그럼에도 심도의 경우 비교적 정확하게 측정되기 때문에 심도정보가 누락된 지하정보 정확도를 개선하는데 우선적으로 활용이 가능할 것으로 보인다. Coded Signal 기법을 활용한 NM-GPR의 성능검증을 위해 지하시설물 준공시기가 20년 이내의 지역 중 기존 3D GPR 탐사를 수행했던 지점의 정보를 비교 균으로 하여 검증했다.

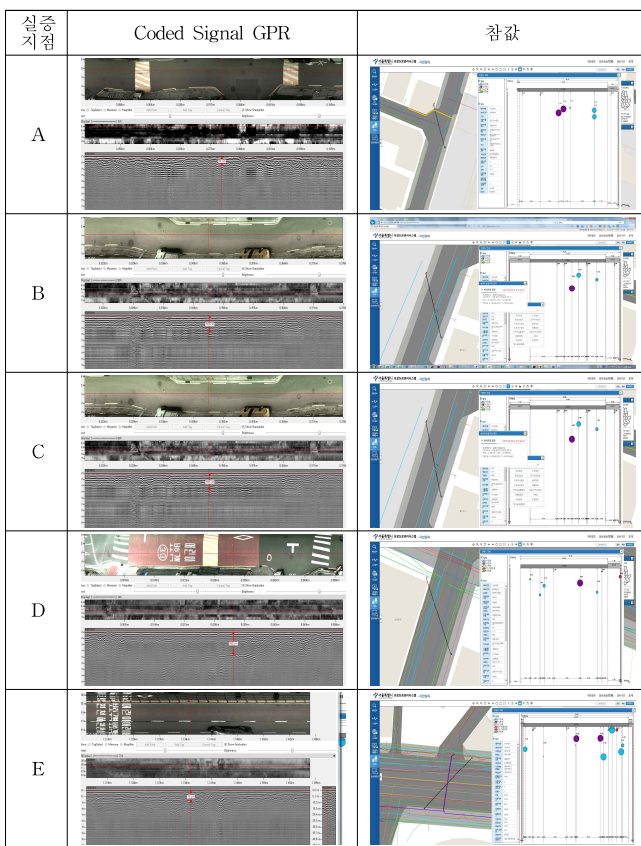


Fig 2. Position value comparison scene

Fig 2와 같이 5개 지점의 정보를 대상으로 비교검토를 하였고, Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 실험결과 x축은 평균 1.4m, y축은 9m, h는 0.1m의 오차를 나타냈다. 평면좌표는 도심지에서 폐색영역이 발생하면 정확도가 떨어지는 만큼 보완이 필요할 것으로 보였다. 한편 심도는 적은 오차를 보였다. 따라서 Coded Signal 방식의 NM-GPR을 활용한다면 현재 운영 중인 항만 및 항만배후단지에서 관리중인 지하시설물에 대한 탐사정보를 확보할 수 있을 것이다.

Table 1 Result of value comparison

실증지점(m)		A	B	C	D	E
Coded Signal GPR	x	207491.622	207403.588	207105.513	208163.166	207712.301
	y	544992.084	544735.353	544958.966	544806.547	549496.712
	h	0.40	1.03	1.11	1.09	0.65
참값 (최확값)	x	207492.329	207402.792	207103.027	208166.065	207712.016
	y	544998.274	544742.669	544962.670	544829.094	549501.904
	H	0.7	0.9	1.23	1.10	0.68
편차량(h-H)	$\Delta x$	-0.707	0.796	2.486	-2.899	0.285
	$\Delta y$	-6.19	-7.316	-3.704	-22.547	-5.192
	$\Delta h$	-0.3	0.13	-0.12	-0.01	-0.03

### 5. 결 론

본 연구에서는 항만 및 항만배후단지의 기 구축된 지하시설물에 대한 정확도 확보방안으로 비굴착 탐사방법의 활용방안을 제시해 보았다. 현재까지 Coded Signal 기반 NM-GPR은 2m 깊이의 지하정보를 습득할 수 있는 성능을 보유하고 있으나, 국토교통부는 '지하공간통합지도 갱신자동화 및 굴착현장 안전관리 지원 기술 개발' 연구개발 사업을 통해 개량을 진행하고 있다. 개발 중인 Coded Signal NM-GPR은 최대 가탐심도 5m, 수평 10cm, 수직 20cm 정밀도의 탐사를 60km/h로 가능하게 할 예정이다. 더불어 GPS 폐색지역 등으로 발생하는 평면좌표의 오차를 줄이기 위한 드론 및 라이더를 활용하는 연구도 병행하고 있어, 향후 항만 및 항만배후단지의 정밀 지하정보를 구축하는데 활용 가능 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 해양수산부(2016), 제3차 전국 항만기본계획 수정계획 (2016-2020)
- [2] 해양수산부(2020), 항만법
- [3] 국토교통부(2020), 지하안전관리에 관한 특별법
- [4] Travassos, X. L., Ida, N., Avila, S. L., Adriano, R.(2018), "A Review of Ground Penetrating Radar Antenna Design and Optimization", Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, 17(3) p. 385.
- [5] 김연태, 김부일, 김제원, 박희문, 윤진성(2016), "도로동공 탐지를 위한 지표투과레이더의 적정 주파수 선정에 관한 연구", 한국도로학회논문집, Vol. 18, No. 2, pp. 37-42.