

해외 GPR 교육 및 자격제도 고찰을 통한 국내 적용방안에 관한 연구

A Study on the Application of Foreign GPR Education and Certification System in Korea

오 이 군*

Oh, Yi Kyun

요 약

GPR에 의한 지하시설물 탐사가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨에 따라 정부에서는 지하시설물의 안전사고와 싱크홀 등의 위험요소에 대비하기 위하여 지하안전관리에 관한 특별법을 제정하고 안전점검 대상 지하시설물에 대하여 GPR(Ground Penetration Radar)탐사 의무를 법규로 정하였다. 그러나 지하시설물에 대한 등록이 시도된 1980년도 후반 이래 지하시설물 측량 관련 분야 및 GPR탐사에 대한 국내 차원에서의 체계적인 교육이나 교육과정의 개발은 다소 미흡한 편이다. 따라서 본 연구는 GPR탐사방법에 대하여 해외 대학들의 정규교육 과정과 온라인 교육 등 GPR탐사를 교육하는 기관들의 교육 과정을 심층적으로 조사 분석하여 국내 교육과정 개발에 적용방안을 모색하였으며, 향후 사용 확대가 예상되는 GPR탐사방법에 있어 지하시설물 불탐구간 감소로 인한 지하시설물 관리시스템들의 품질향상에 기여하고자 한다.

주요어 : 지하안전관리특별법, GPR, 지하시설물, GPR교육, 교육과정

ABSTRACT

As the use of GPR(Ground Penetration Radar) sensing is expected to increase the Korean government has enacted a special law on the management of underground facilities mainly for preparing the risk factor such as underground safety accident and sink hole. In the special law the GPR sensing has been obligatory in the respect for safety inspection subject underground facilities. However it is not sufficient that a systematic education and development of related curriculum on GPR sensing since 1980's when the underground facilities surveyed and registered. In this research the GPR sensing based on the various fields academic knowledge, foreign Universities on and off line lecture curriculums have been reviewed and explored the possibility of introducing it. It is also expected that the use of GPR sensing will be expanded and this will contribute to quality improvement of underground facility management system.

Keywords : Special Law on the Management of Underground Facilities, GPR Education, Underground Facilities, Education Curriculum

* 정희원·신한대학교 토지행정학과 교수(E-mail: ykoh@shinhan.ac.kr)

1. 서 론

지하시설물 매설의 역사는 14세기 말 프랑스 파리의 북개 하수도 및 1875년 콜레라의 확산 방지를 위한 영국의 런던 하수도 정비 등 유럽을 중심으로 시작되었다. 이후 현대사회에 이르면서 도시를 중심으로 다양한 종류와 규격, 재질로 구성된 각종 지하 시설물과 구조물이 대량으로 매설되어 왔으며, 우리나라에서도 구한말 궁중의 상하수도 매설을 시작으로 현재까지 이르고 있다. 그러나 우리나라의 지하시설물은 통합관리체계 부재와 정확한 디지털도면의 부족으로 효율적으로 관리되지 못함에 따라 서울시는 1980년대부터 지하시설물 등록사업을 점진적으로 추진하였으며 특히 1994년 12월 서울 아현동과 1995년 4월 대구지하철 공사장의 연이은 가스폭발로 인한 대참사에 따라 대규모 인명 및 재산 손실을 초래한 것을 계기로 지하시설물 등록관리에 관심을 갖게 되었다.¹⁾

지하시설물 전산화 등록사업은 1997년부터 NGIS구축사업의 일환으로 본격 착수되었으며 현재까지 각 지방자치단체에서 정책 및 행정의 필요에 따라 지속적으로 추진되고 있다. 이에 따라 정부에서는 일정규모 이상의 지하굴착 공사를 수반하는 사업에 대해서는 안전평가를 실시하는 지하안전관리에 관한 특별법(법률제13749호, 2016.1.7. 제정, 2018.1.1. 시행)을 제정하고, 안전점검대상 지하시설물을 법률로 지정하여 관리하고 있다. 따라서 법률시행으로 안전점검대상 시설물에 대하여 종전의 조사 완료일을 기준으로 매 5년마다 1회

이상 지표투과레이더(GPR) 탐사를 통한 공동(空洞)조사를 하도록 실시시기와 조사방법을 규정하여 불 탐지역 탐사와 더불어 GPR(Ground Penetration Radar)을 이용한 지하시설물 탐사는 더욱 증가할 것으로 예상된다.²⁾

본 연구와 관련된 선행연구로는 오이균(1988)은 국내 최초로 지하시설물 탐사에 GPR탐사방식을 이용하여 평면 및 수직오차를 실제와 비교 분석하였으며, 김정욱(2016)은 지하시설물 탐사에 차량 견인형 GPR의 탐사정확도를 확인하는 연구를 하였고, 송석진(2020)은 GPR의 탐사성과와 지하공간 통합지도의 위치 정확도를 비교 분석하였다. 또 김원대(2021)는 최초로 GPR성고가 반영된 지하공간정보 정확도의 품질 등급제 도입을 위한 제도 및 규정 정비 필요성을 제시하였다.³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾ 그러나 위와 같이 지하시설물에 대한 등록이 시도된 1980년대 후반부터 지하시설물의 탐사정확도 향상과 관련된 연구는 지속적으로 진행되어 왔으나 GPR 교육 및 공인자격과 관련된 연구는 부족한 실정이다. 이는 대학 차원에서의 정규 교육과 국가공인 자격증 제도가 시행되지 못하고 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 지하시설물과 GPR탐사 방법에 대하여 고찰한 후 문헌조사와 인터넷 조사 방법을 통하여 GPR교육실태와 교육과정 그리고 공인자격과 관련한 내용을 국내외로 나누어 실증적으로 조사하여 분석하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 국내 GPR관련 교육실태와 환경을 소개하고, 해외교육기관과 대학에서의 정규 GPR교육 과정을 심층적으로 연구 및 분석하여 국내 교

1) 이강원, 『지하공간정보 관리론』(서울: 시그마 프레스), 2015, pp.559-573.

2) 오이균, “지하시설물 측량에 있어서 GPR탐사방법의 정확도 검증 기준에 관한 연구”, 『지적과 국토정보』, 제51권 제2호, 2021, pp.35-49.

3) 오이균, “레이다방식을 이용한 지하시설물측량에 관한 연구”, 석사학위 논문, 연세대학교 공학대학원, 1988. pp.1-5.

4) 김정욱, “지하시설물 탐사에 대한 차량 견인형 GPR의 적용에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교, 2016. pp.78-79.

5) 송석진, “현장 GPR 탐사자료와 지하공간 통합지도 상호위치 정확도 분석에 관한 연구”, 『한국지리정보학회지』, 제23권 제4호, 2020. pp.208-216.

6) 김원대 외, “지하공간정보 정확도 향상을 위한 품질등급제 연구”, 『한국측량학회지』, 제39권 제3호, 2021, pp.167-177.

육과정에 적용방안을 모색함으로써 발전된 GPR교육을 통하여 위치 정확도가 향상된 고품질 지하시설물 관리시스템 향상에 기여하고자 하였다.

2. 지하시설물과 GPR탐사

2.1 지하시설물 관리

지하시설물 관리는 지하에서의 폭발사고와 같은 안전사고로 부터 기인한다. 1995년 4월 18일 발생한 대구 지하철공사장 가스폭발사고에 따라 사망자 101명, 부상자 202명, 가옥피해 346동, 차량과 손 150여대 등 막대한 피해를 입었다. 또 인접국인 일본과 대만의 경우도 오사카 지하철공사장 가스폭발로 70여명 사망, 가오슝의 지하석유화학물질 공급관 가스 누출 사고로 24명 사망 등 세계적으로도 지하시설물 사고가 빈번하게 발생되고 있으며 그 피해 또한 적지 않은 편이다. 따라서 각국에서는 사고 방지를 위한 지하시설물 관리에 지속적인 관심을 기울이고 있으며, 탐사정확도의 기준 정립 및 탐사범위 오차제한 그리고 이에 따른 전문교육을 활발하게 진행하고 있다.

지하시설물 관리를 위한 지하공간통합지도 구축사업과 관련한 시도는 1981년 내무부(현 행정안전부)에서 최초로 시작되었다. 서울을 비롯한 전국

대도시 지하에 매설되어 있는 상하수도, 가스관, 전선, 송유관 및 지하철, 지하상가 등 각종 지하시설물에 대한 측량을 단계적으로 실시하였으며 지하시설물측량 및 그에 따른 종합관리도 작성실무는 당시 내무부 산하기관인 대한지적공사(현 한국 국토정보공사)에서 담당하여 추진하였다. 이후 제1차 NGIS구축 기본계획(1995~2000)의 10대 핵심사업에 지하시설물도 전산화사업이 포함되면서 1995년 지하시설물 관리 실태 조사를 시작으로 1997년 경기도 과천시에서 지하시설물 관리체계 시범사업을 실시하였으며, 서울과 부산을 포함한 국내 거점도시 19개시를 대상으로 2002년까지 지하시설물도 수치지도화 사업을 완료하였다.

2008년도에는 지하시설물 통합관리 정보화전략 계획(ISP)을 수립하였으며 지하시설물통합관리체계 구축 확산사업을 통하여 2011년도에 시(市)급 지방자치단체의 7대 지하시설물 통합 작업을 완료하였다. 2012년부터는 지하시설물 활용시스템 개발 및 시(市)·군(郡) 지역으로의 확산을 통하여 지하시설물 구축 및 통합작업을 추진하고 있으나 사업 추진에 장애가 되는 불탐 지하시설물이 상당수 존재하고, 실제 도면과 불부합 상태의 지하시설물도 상당수 있는 편이다.⁷⁾

따라서 이를 해결하고자 국토교통부에서는 <표 1>과 같이 162개 지방자치단체에 3차원 공간정보 구축을 위한 ‘3D 지하공간통합지도’의 최단 시일

〈표 1〉 지하공간통합지도 구축 진행

구분	'15년(시범사업)		'16년		'17년		'18년	
구축 지역	서울시(송파구), 부산시(해운대구), 대전시(서구), 세종시		서울시(서초구, 강남구, 동작구, 관악구) ※ 성동구 일부지역		특·광역시 잔여지역 및 수도권 6개 市 (안양, 용인, 성남, 부천, 광명, 과천)		수원시 전역	
구축 정보	지하시설물	8,062km	지하시설물	10,847km	지하시설물	145,038km	지하시설물	6,970km
	지하구조물	57.15km/ 0.035km ²	지하구조물	101.8km/ 0.082km ²	지하구조물	771.7km/ 1.359km ²	지하구조물	25.1km
	지반	4.22km ²	지반	27.96km ²	지반	209.78km ²	지반	10.1km ²
	주제도	3종	주제도	14종	주제도	14종	주제도	14종

출처 : 국토교통부(지하공간통합지도 구축사업 설명자료, 2018)

7) 이강원, 상계서, pp.559-573.

〈표 2〉 지하시설물관련 업무 위탁 내용

업무명	위탁기관	업 무 내 용
지하공간통합 지도제작	한국국토 정보공사	① 지하정보 구축 및 갱신 데이터 표준 제·개정 등 관리 ② 지하정보 품질관리 ③ 지하정보 발전방안 수립 및 정확도 개선
지하정보 활용지원센터	건설기술 연구원	① 지하정보의 수집 및 관리 ② 지하정보통합체계의 표준화 ③ 지하정보통합체계 구축 및 운영 ④ 지하정보통합체계 품질관리 ⑤ 지하정보통합체계의 구축 및 운영에 관한 연구·개발 및 기술지원 ⑥ 지하안전정보체계 및 다른 법령에 따라 구축·운영되는 정보체계와의 연계 및 공동 활용 ⑦ 지하정보통합체계의 효율적인 구축 및 운영을 위한 지하정보관리 기관의 장과 협의체 구성 및 운영
지하안전정보 시스템	국토안전 관리원	① 지하안전영향평가·소규모 지하안전영향평가·사후지하안전영향조사·지하안전점검·지하안전계획수립 관리 등에 대한 검토·승인·관리를 지원 ② 민간의 지하개발사업자(시행사), 지하안전영향평가·소규모 지하안전영향평가 전문기관 등의 사용자와 지자체 등이 이용하는 민원 기능

완성을 통하여 지하공간통합지도 구축사업 추진하고 있는 상황이다.

또 국토교통부에서는 <표 2>와 같이 지하시설물 안전을 목표로 한 통합관리를 위하여 지방자치단체나 지하시설물 설치 및 관리기관과는 별도로 지하정보통합체계의 구축과 운영 등을 효율적으로 추진하기 위하여 지하안전법 제49조에 의거 관련 기관에 권한을 위임하고 있다.

첫째 한국국토정보공사(LX)에서는 지하정보 전달기구로 지정됨에 따라 지하공간통합지도제작 업무위탁기관으로서, 지하공간을 개발·이용·관리함에 있어 기본이 되는 지하시설물(상수도, 하수도, 전기, 통신, 가스, 난방), 지하구조물(지하철, 지하보도, 지하차도, 지하상가, 지하주차장, 공동구), 지반(시추, 관정, 지질) 등 15종의 지하정보를 3D 기반으로 통합·연계하는 지도를 구축하고 있다. 둘째 건설기술연구원은 지하정보 활용 지원센터 운영을 통하여 지하공간통합지도를 관리하고 지하안전영향평가, 건설시공 등의 분야에서 지하공간통합지도의 활용 및 지원을 수행하고 있으며, 셋째 국토안전관리원에서는 지하안전정보시스템(www.jis.go.kr) 운영을 통하여 지하안전영향평가 등의

기술적인 업무지원 및 운영관리뿐만 아니라 이용자 상담 및 민원처리를 위한 콜센터를 운영하고 있다. 그 외 서울특별시에서는 유관기관에서 관리하는 지하시설물 정보를 통합하여 보여주는 지도 시스템인 UUIS(Underground Utilities Information System)로 도로굴착공사 및 도시안전사고 예방에 활용할 수 있도록 서비스하고 있다.

그러나 관련 법령에 따라 지하시설물 업무가 지방자치단체 및 위탁 운영 기관 등으로 분산관리되고 있어 지하시설물의 통합 운영체계의 컨트롤타워 부재로 효율적인 서비스 제공 면에서는 개선의 여지가 많은 편이다.

우리나라 지하시설물 관리에 관한 관련 법령으로는 지하의 안전개발과 이용 및 지반침하 방지를 위해 개발사업 등에 지하안전 평가를 받도록 2016년에 제정된 지하안전관리에 관한 특별법과 지하시설물을 설치하는 경우, 그 준공도면을 해당 도로관리청에 제출하도록 규정하고 있는 도로법 그리고 지하 시설물 조사 및 탐사, 위치측량 방법 및 허용오차를 규정하고 있는 공공측량 작업규정 등이 있다. 위에서 열거한 지하시설물에 대한 법규상 정의는 대부분 같은 내용으로 중복되기는 하나

〈표 3〉 법규 상 지하시설물 용어 정의

법규 명	지하시설물의 정의
지하안전관리에 관한 특별법(지하안전법)	지하정보(6종) : 상·하수도, 통신, 전력, 수도, 난방 지하구조물(6종) : 지하철, 공동구, 지하보도·차도, 상가, 주차장 등 지반 정보(3종) : 시추, 관정(우물), 지질(地質)
지하안전법 시행령	수도, 하수도, 전기설비, 전기통신설비, 가스공급시설, 집단에너지 공급시설, 공동구, 지하도로, 지하광장, 도로, 도시철도시설, 철도시설, 주차장, 건축물, 지하도 상가
도로법	가스공급시설, 송유관, 상수도 관로시설, 154,000볼트 이상의 송전시설, 외접관경이 3미터 이상인 전기통신관에 수용되는 전송·선로설비, 고압가스를 수송하는 배관, 유독물질을 수송하는 배관, 도시철도 중 지하에 설치한 시설, 열수송관
공공측량 작업규정	도로, 상수도, 하수관로, 가스관로, 통신관로, 전력관로, 송유관로, 난방 열관로와 그밖에 신호 및 가로등과 관련된 지하시설, 지하철 및 ITS관련 지하시설, 지하에 설치된 케이블TV 및 유선선로, 공동구, 지하도 및 지하상가 시설

<표 3>과 같이 용어상 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 현재 4개의 법규에서 규정하고 있는 지하시설물의 용어정리를 현실에 맞게 통합하여 포괄적으로 정리하는 것도 고민해야 할 부분으로 보여진다.

2.2 GPR 탐사 방법

최초의 지하시설물 조사 측량은 도시화가 일찍 이루어진 유럽에서 시작되었다. 1875년 독일의 튜빙겐(Tübingen)을 시작으로 1881년 폴란드 바르샤바(Warszwa), 1915년 스위스 올텐(Olten), 1917년 바젤(Basel), 1954년 베른(Bern)등으로 점차 확대 되었다.

GPR탐사방식이 구체화된 것은 1960년대 후반경 부터라고 볼 수 있는데 미국의 오하이오 주립대학의 Electro Science Lab 등에서 연구를 하였다. 일본에서는 1973년부터 전파에 의한 지하시설물 측량의 연구를 시작하였으며, 1975년에는 동경전력과 전광제작소의 협력으로 베이스 및 베이스 펄스 레이더(base & base pulse radar)를 이용한 지하시설물 측량 장비를 개발하였다. 국내에서는 전자기 유도방식을 이용한 지하시설물 측량 장비로 특수여건을 지닌 서울의 3개 지역(창덕궁, 여의

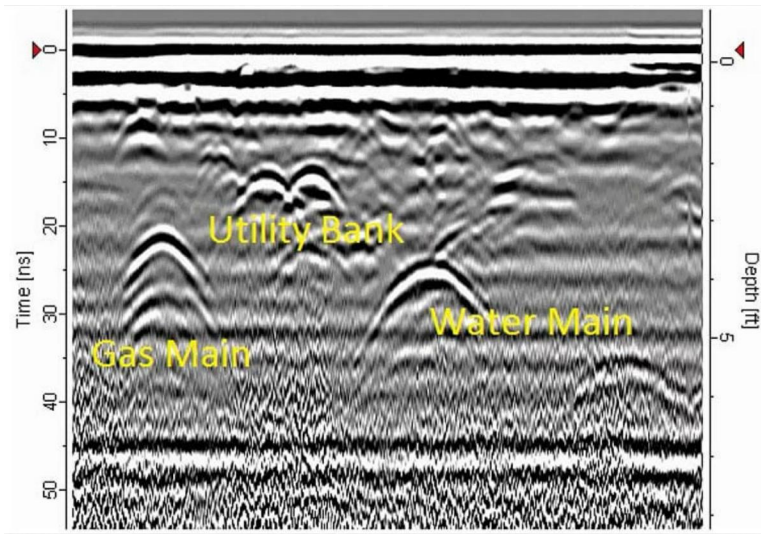
도, 종로)을 대상으로 1982년 2월 5일부터 7월 16일 까지 약 6개월 동안 실험측량을 실시한 바 있다.⁸⁾

국내 최초의 GPR을 이용한 지하시설물 측량은 1987년부터 1989년까지 2년여 동안 서울의 일부 지역(마포, 서대문, 은평)의 도로대장 작성 사업에 한국국토정보공사(LX)가 GPR장비를 사용하여 탐사를 시작한 것이 시초였다.

GPR의 구성은 기능에 따라 제어 디스플레이 장치와 시스템 그리고 컴퓨터가 있는 본체와 송수신 가능한 안테나로 되어 있다. 마이크로파 영역의 전자파 펄스는 지하로 방출되며 반사된 부분을 포착하여 물체의 위치를 결정한다. 마이크로파 영역에서 적절한 전자파 주파수를 선택하면 지면에서 약 수 미터까지 전자파 펄스를 입사해 그 반사파를 관측할 수 있다.

GPR은 [그림 1]과 같이 지상에 둔 안테나에서 전자파를 발사하고 이를 땅속에 입사하면, 입사된 전자파가 땅속을 전파해가지만 전파 중에 전기적 특성이 다른 물체가 존재하면 그 계면에서 반사를 일으키고, 안테나의 이동과 동시에 얻어지는 반사신호를 연속적으로 겹쳐 화상화함으로써 땅속의 단면 영상을 얻는다. 이때 송신 안테나로부터 약 100 MHz~1,000 MHz의 중심 주파수를 가지는 펄

8) 박순표, “시가지 지하시설물 측정등록과 관리에 관한 연구”, 석사학위논문, 연세대학교 행정대학원, 1985, pp.3-9.



출처 <https://undergrounddetective.com/about-ground-penetrating-radar>

[그림 1] GPR 이미지

스가 지상에서 발생하며, 수신 안테나가 반사파 및 도착 시간을 관측한다. 지상으로 돌아오는 전자파는 감쇠하면서 지면을 통해 전파되지만, 전파 경로에 전기적 특성(주로 지면의 상대적 허용도)이 다른 경계면이 있으면 전자파 펄스 반사 및 전송이 발생한다. 매설물의 유무를 수신 안테나로 반사된 전자파 펄스를 포착하여 검출하고, 전송에서 수신까지의 시간을 측정하며, 매립된 물체의 깊이를 전자파의 속도에 곱하여 결정한다.⁹⁾

3. 국내외 GPR 교육 및 자격 현황

3.1 국내

국내의 지하시설물탐사 교육과 관련하여 첫째 대학교육 과정의 실태를 살펴보면, 1990년대 초반 최초로 전문대학교 과정에 공간정보관련 학과가 개설(1991년 인하공업전문대학에 최초 개설, 현재 공간정보빅데이터과)된 이후, 수도권과 지방 소재

4년제 대학에 공간정보관련 학과(1994년 최초 인하대학교 지리정보공학과 개설)와 관련학과가 설치되어 공간정보 분야의 전문 인력을 배출하고 있다. 관련학과가 설치되어 있는 대학들 중 서울시립대학교와 인하대학교, 남서울 대학교의 교육과정에서 지하시설물 관련 교과목을 확인해 본 결과 GPR과 관련하여 개설된 과목이 없었으며, 지하시설물관련 유사 교과목도 거의 없는 것으로 확인되었다. 공간정보분야에서 지하시설물의 비중은 해외사례와 국내사례를 살펴봐도 압도적 비중을 차지하고 있는 편이고, 국민의 안전을 고려할 때 지하시설물관련 교육이 대학에서 정규과목으로 이루어지고 있지 않고 있는 점은 아쉬운 점이다.

둘째 공공분야 교육과정의 경우 지하안전관리에 관한 특별법 제14조에서 도시의 개발사업 등 지하굴착공사를 수반하는 사업에 대하여는 지하안전평가를 실시하여야 한다고 규정하고 있으며 같은 조 제2항에 지하안전평가를 실시할 수 있는 사람을 두도록 규정하고 있다. 특히 동법 시행령 제15조에 지하안전평가를 할 수 있는 사람을 책임기

9) 오이균, 전계논문, 1988, pp.1-5.

〈표 4〉 지하안전법 시행규칙(교육훈련)

<p>제5조(책임기술자 등의 교육훈련) ① 영 제15조제1항에서 “국토교통부령으로 정하는 교육”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관에서 실시하는 지하안전 분야의 신규교육 및 보수교육을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「건설기술 진흥법 시행령」 제43조제2항에 따른 건설안전 분야의 교육훈련기관 2. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제25조에 따른 한국시설안전공단 3. 국가 또는 지방자치단체 소속 공무원교육원 <p>② 제1항에 따른 신규교육은 70시간 이상으로 한다.</p> <p>③ 제2항에 따른 신규교육을 이수한 후 3년 마다(매 3년이 되는 해의 12월 31일 전까지를 말한다) 제1항에 따른 보수교육을 받아야 한다. 이 경우 보수교육은 21시간 이상으로 한다.</p> <p>④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외에 교육과정 및 그 내용 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부장관이 정한다.</p>

술자로 명하고 책임기술자는 소정의 교육을 이수한 사람으로만 두도록 규정하였다. 또 시행규칙 제5조에서 <표 4>와 같이 책임기술자 등의 교육훈련기관과 교육시간을 이수하도록 정하고 있는데, 신규교육의 경우 총 70시간(기본교육 35시간, 전문교육 35시간) 이수, 보수교육은 3년마다 21시간 이수하도록 법정 교육을 의무화하였다. 또한 시행규칙 제16조에는 지하시설물관리자가 안전점검을 실시하여야 하는 지하시설물의 종류 및 주변 지반의 범위, 안전점검의 실시시기 등을 규정하고 있다.

지하안전법 시행규칙 제5조에서 규정한 교육기관에서 개설하여 실시하는 교육은 지하안전담당 국가공무원 또는 지방자치단체 공무원, 공공 및 민간관리주체 지하시설물의 유지관리업무 종사자, 지하안전평가 전문기관 종사자, 지하시설물 유지관리업체 종사자들을 대상으로 실시하고 있다.

위탁 지정 교육기관의 교육으로는 국토교통부 산하 국토안전관리원의 지하안전기획단에서 지하안전법령, 지하안전영향평가, 지하안전점검 표준매뉴얼에 대하여 실시하는 교육으로 이는 지하시설물관리자 및 지하안전영향평가 담당자의 업무역량을 강화하기 위하여 실시하고 있으며, 건설기술교육원과 건설산업교육원에서도 현재 지하안전평가 과정을 개설하여 교육하고 있다. 또 정규교육과정의 지하시설물 소양 교육과정의 수준으로는 건설기술인 승급 및 계속교육(특급)을 위한 한국공간

정보산업협회의 교육 그리고 도시가스협회에서 시행하고 있는 지하시설물 공공측량 전문교육, 지방자치단체 공무원을 대상으로 한 한국국토정보공사 산하 국토정보교육원에서 실시하고 있는 지하정보 정확도 개선 실무교육이 있다.

그러나 교육의 특성상 기본교육, 전문교육, 보수교육 과정으로 편성된 내용의 대부분이 지하시설물 탐사 보다는 법령과 안전에 기초한 이론 위주의 교육이다. 그 중 GPR탐사 교육 편성은 기본교육 과정에서의 물리탐사 이론 2시간, 전문교육 과정의 물리탐사 실습 4시간, 보수교육 과정의 지하안전관리 실무 2시간으로 편성되어 있어 GPR의 특성을 파악하기에는 상당히 부족한 편으로 <표 5>는 건설산업교육원의 전문교육 교과편성 내용이다.

또 민간부분에서의 GPR탐사장비 교육은 주로 GPR장비 업체로 부터 사용방법을 배우고 현장에서 경험을 축적하는 형태의 실무교육이 주된 내용으로 구성되어 있다. 특히 대부분의 경우 업체별 사원교육으로 이루어지고 있는데 이는 체계적인 교육과정을 통한 교육이라기 보다 경험 많은 직원으로부터 활용 방법을 전수받는 경우가 많고 그 외 관련 센터나 연구소 등에서 테스트 베드를 이용한 자체적인 교육이 전부로 교육의 질적 한계가 많은 실정이다. 또한 GPR 탐사를 비롯한 지하시설물 측량과 관련한 자격증 제도 역시 국내의 규정에는 포함되지 않고 있다.

〈표 5〉 전문교육과정

대분류	중분류	소분류(교육내용)	시간
지하안전평가 심화	지반안정성 평가 I	지반굴착(옴막이 공사 등)에 따른 수치해석 개요, 해석방법, 예제 해석, 도심지 근접시공 기준, 검토항목, 검토방법, 수치해석 실습 등	3
	지반안정성 평가 II	암반굴착(터널 공사 등)에 따른 수치해석 개요, 해석방법, 예제 해석, 도심지 사공 기준, 검토항목, 검토방법, 수치해석 실습 등	3
	지하수 유동 해석	지하수 유동 수치해석 개요, 해석방법, 예제 해석, 수치해석 실습 등	3
	지반조사 현장적용 및 사례	지반조사 방법의 현장적용 시 유의점, 양질의 현장자료 획득을 위한 품질관리 방안, 사례 등	2
	물리탐사 실습	지표 및 시추공 물리탐사 자료의 취득, 처리, 영상화 및 해석 실습, 사례 등 물리탐사(GPR, 전기비저항, 탄성파 등) 탐사자료의 취득, 처리, 영상화 및 해석 실습 등	4
지하안전점검 및 유지관리 심화	굴착공사 안전점검	지하굴착 공사 시 설계 및 사공단계에서 위험요소 선정, 평가 및 관리방법 등	2
	지하안전관리 및 보수보강	지반 보수보강의 종류 및 특성 등, 지반함몰 보수보강 방법과 적용사례 등(지반함몰 긴급 보수·보강 공법, 지반함몰 예방 공법 등) 지반함몰 보수보강 방법과 적용사례 등(지반함몰 긴급 보수·보강 공법, 지반함몰 예방 공법 등)	3
	지반침하위험도 평가	지반침하위험도 평가 검토기준 및 절차, 해석방법, 실무사례 등	3
보고서 작성 및 실습	지하안전평가 표준매뉴얼 및 평가서 검토사례	보고서 작성방법 및 양식, 검토기준 등 평가서 주요 보완, 지적 사례 등	3
	보고서 작성 실습 (지하안전평가)	지하안전평가, 소규모 지하안전평가 보고서 작성 실습	3
	보고서 작성 실습 (사후 지하안전조사)	사후 지하안전조사 보고서 작성 실습	2
시험	시험	최종 평가	1
교양	교양	인문화 등	3

출처 : 건설산업교육원(<http://www.educon.or.kr/basement/guide>)

3.2 국외

3.2.1 대학교육과정

3.2.1.1 영국 에딘버러대학

(University of Edinburgh,
<http://www.drps.ed.ac.uk>)

영국 에딘버러대학의 토목공학부에서의 학부과정으로는 Undergraduate Course: Infrastructure Sensing using Ground Penetrating Radar 5 (CIVE11050)과목명으로 한학기(2학기에 과정 시작)를 개설하여 운영하고 있다. 교과목의 개설이유는 해당 과목이 복잡한 지하 유틸리티 네트워크를 매핑하는데 도움이 되고 콘크리트 스캔 및 평가에

GPR과 같은 비파괴 지구물리학적 감지 도구의 필요성이 증가됨에 따라 GPR 운영의 기본 개념과 이론, 토목 문제에 대한 응용을 하기 위함이다. 또 토목공학 기반의 GPR 투과 레이다 이론과 실제 실습을 혼합한 과정으로 <표 6>과 같이 7개 주제로 구성되며, 총 100시간의 교육(5/10학점 인정)을 마치면 평가를 받게 된다. 교육 효과로는 GPR의 이론 및 GPR표적 탐지 메커니즘에 대한 기본 이해와 효과적인 데이터 수집을 위해 GPR설문조사를 설계할 수 있으며, GPR데이터 처리, 데이터 분석 및 해석 방법의 효과적인 사용과 이해가 가능한 수준이 되고, 과정 이수 후 평가는 필기평가 50%, 수업활동 평가 50%로 이루어진다.

〈표 6〉 애딘버러대학 주제별 교육내용

Topic 1: Introduction to non-destructive testing and Geophysical investigation in Civil Engineering and to Ground Penetrating Radar its history and overview of its applications.
Topic 2: Principles of the Ground Penetrating Radar detection mechanism.
Topic 3: Propagation and reflection of GPR signals and the role of material properties.
Topic 4: GPR Instrumentation and antennas.
Topic 5: GPR data acquisition and survey design procedures.
Topic 6: GPR data processing, analysis and interpretation.
Topic 7: Case studies of GPR application in Civil Engineering.

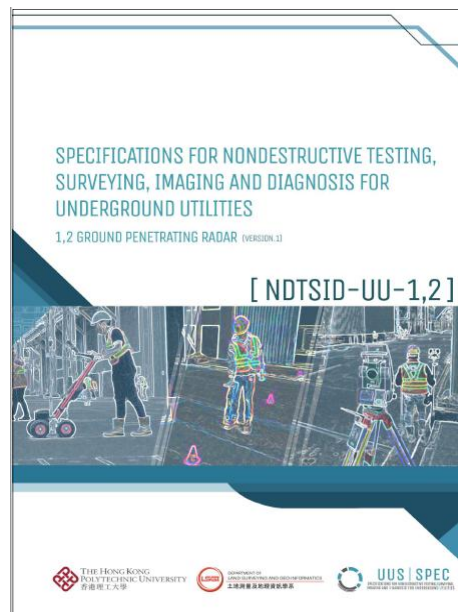
출처: <http://www.drps.ed.ac.uk/21-22/dpt/>

3.2.1.2 홍콩 이공대학

(Hong Kong Polytechnic University)

토지측량 및 지리정보학과(Department of Land Surveying and Geo-Informatics)에 지하시설물탐사에 관한 강좌가 개설되어 있다. 특히 지하시설물측량 실험실(underground utility survey laboratory)에서 GPR전공 박사학위 과정을 운영하고 있으며, 지하시설물측량 교육 교재로 총 6권의 교재(1.1~1.3, 2.1~2.3)를 온라인 상에 공개하고 있다.

6권의 제목 중 1.1은 파이프 및 케이블의 위치확인 과 전자기 위치, 1.2는 지상관통레이다(GPR). 1.3은 레이저 스캐닝(LiDAR), 2.1은 육안검사조사, 2.2는 음향누출감지, 2.3은 배수구 및 하수구의 유량 모니터링으로 구성되어 있다. 그 중 1.2가 GPR 교재[그림 2]이고 교재내용은 GPR의 역사, 원리, 장비사양, 관측, 데이터 처리 및 평가 등으로 <표 7>과 같이 구성되어 있다.



<https://www.polyu.edu.hk/lsgi/uusspec/en/>

(그림 2) 홍콩 이공대학의 GPR교재(1.2)

〈표 7〉 GPR교재의 구성 내용

Table of Contents
A – Acknowledgements to Steering, Technical Workgroup 1,2
B – Background
B1 – History of GPR
B2 – Significance, Applications and Scope of Specification
B2.1 Significance and applications
B2.2 Scope
B3 – Glossary
B4 – Theories and Principles
B4.1 GPR electromagnetic waves in materials
B4.2 Interactions between materials and GPR
B4.3 Image reconstruction
B4.4 Horizontal Location Accuracy
C – Qualified Personnel
C1 – Personnel
C2 – Signatory
C3 – Survey Officer
D – Instrumentation (계측)
D1 – Radar Control Unit and Display
D2 – Antennas and Control Cables
D3 – Equipment Calibration/Verification
E – General Testing and Survey Procedure
E1 – System Set-up in Office and at Site
E1.1 Selection of antenna frequencies
E1.2 Time window
E1.3 Grid spacing
E1.4 Calibration of wheel
E2 – Site inspection
F – Imaging and Diagnostic Procedure
F1 – 2D and 3D Signal Processing and Imaging
F1.1 2D
F1.2 3D
F2 – Fingerprint Database
G – Survey/Test Report
H – Interpretation and Diagnosis
I – References

* <https://www.polyu.edu.hk/lsgi/uusspec/en/>

3.2.1.3 미국의 대학교육

미국은 대학을 비롯한 많은 교육기관에서 교육을 실시하고 있는데 그 가운데 대학원 교육에 GPR을 포함하고 있는 아리조나 대학과 온라인 교육 등 다양한 GPR교육 프로그램을 운영하고 있는 스테킹 대학을 조사 하였다.

① 아리조나 대학(Arizona University)

대학원 실험실인 LUNAR 7 PLANETARY LABORATORY에서 PTYS/GEOS 549프로그램으로 Radar Remote Sensing of Planetary Surfaces 과목을 개설하고 있다. 교육기간은 1월 16일 부터 5월 17일까지 16주 동안 운영되고 있으며 프로그램 특성상 원격탐사가 주 내용이고 GPR교육내용은 <표 8>와 같이 3주 정도 GPR 시스템과 데이터 처리, 외부 실습 등의 내용으로 구성되어 있다.

〈표 8〉 아리조나 대학원의 GPR 교육내용

Dates	Tuesday Topic	Papers/Assignments	Tuesday Topic	Papers/Assignments	Lab(Friday)	Comments
Jan 16			1 - Introduction, E/M Waves and wave propagation (L)		None	
Jan 21/23	2 - Radar basics- Components, radar equation, SNR (L)	Inst (Induja) - Seu et al. (2007) SHARAD paper	3 - Radar basics - processing, chirp compression (J)	Inst (Brandon) - Croci et al. 2011	Chirp compression and radar component lab	Schedule field trips this week
Jan 28/30	4 - GPR - systems, data, applications (j)	Sci (Emileigh) SAR/GPR at Craters of the Moon (Khan et al., 2007)	5 - Orbital sounding (L)	Sci (McGraw) Kofman et al. 2015 , CONSERT sounding theory paper	Chirp compression and Lab 2	
Feb 4/6	6 - Scatter models (L)	Sci - Nunes and Phillips 2006 (Michael)	7 - Orbital sounding (L)	Sci - (Nicole) Kaguya lava tube paper	GPR, hands-on, outside	Jack out of town Tues
Feb 11/13	8 - Clutter simulations (M)	Sci (Joana) Freeman, 2016	9 - Aircraft radars (J)	Sci (Joana) Carter, S. P. et al., 2007	None	
Feb 18/20	10 - Sounding of Earth (J)	Sci - Holt et al. 2006 (Tyler)	11 - Earth-bases radar (L)	Sci (Michael) - Campbell et al. (2007) Lunar Radar paper	GPR data processing	Lynn out of town, Jack out Tues
Feb 25/27	12 - SAR (L)	Sci (Induja) - Herrick et al. (2000)	Attend SHARAD/HIRISE team meeting in Sonnett	Sci	no lab	
Mar 3/5	13 - Polarimetry (L)	Sci - Benner et al. 2008 (Kiana)	14 - Antennas (J)	Inst (Andy)	Short trip to Brandi Fenton Park	
Mar 10/12	SPRING BREAK		SPRING BREAK		SPRING BREAK	

Class Outline

Operating principles of a GPR instrument:

- Brief history
- Applications of GPR Technology
- GPR is a powerful tool for noninvasively imaging the subsurface
- Site conditions that control GPR imaging capabilities
- Electromagnetic properties of materials and its impact on GPR imaging
- Understanding and interpreting GPR image profiles
- Limitations to GPR imaging
- Application to subsurface utility locating
- Basics of data processing
- How GPR technology compliments EM locating technology



How to use GPR Instruments:

- Learn and demonstrate operating proficiencies with GPR instruments
- Field operation with GPR instrument First Field Project How does GPR imaging compliment EM locating efforts?
- Objective(s) determine best approach to GPR imaging project
- Accessibility GPR and EM differences
- Standard GPR search patterns
- Documentation of findings How? and Why?

Conducting GPR Imaging projects:

- Discussion of GPR best practices
- Utility locating GPR imaging field projects
- Qualitative GPR imaging projects point on the ground
- Quantitative GPR projects discussion
 - Line projects
 - GPR response maps
 - GPR response 3D models
- Basic GPR Data processing
- Field training, exercises and discussions
- Field training and independent team field projects will be conducted.
- The project results for each field project will be jointly discussed by all participants to determine best project interpretations and practices.
- How can improvements be made in the implementation of the field project
- Discuss how to most effectively transmit GPR project results to your management and your client(s).

출처:

<https://www.stakinguniversity.com/classes/gpr-training/>

(그림 3) 교육내용 및 실습광경

② 스테킹 대학(Staking University)

일리노이주에 있는 스테킹 대학에서는 온라인 교육을 포함한 다양한 지하시설물 탐사 교육프로그램을 운영하고 있다. 지하시설물 탐사 교육은 5일 과정(인당 교육비 2,325\$)과 2일 과정(인당 교육비 745\$)로 구성되어 있으며 GPR탐사방법 교육은 3일 코스로 개인당 교육비는 1,995\$이고 8명만을 한 학급으로 구성한 후 교육이 수료되면 인증 실습 테스트를 거쳐게 된다. [그림 3]은 교육내용과 실습광경이다.

3.2.2 기타 협회 등의 교육

3.2.2.1 TSA(The Survey Association;

영국 측량 협회)

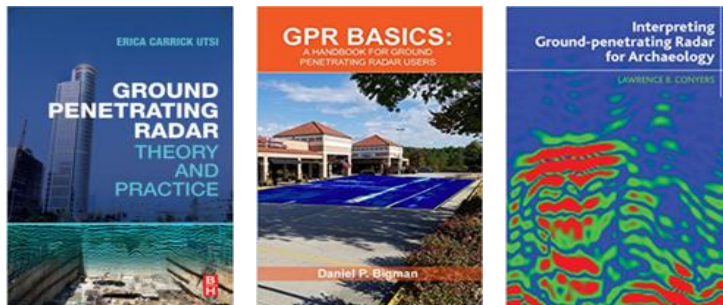
영국측량협회에서는 PAS128지하시설물교육 과정을 개설하고 있다. 2014년 처음 도입된 PAS128은 지하시설물 감지, 검증 및 위치에 대한 영국 표준 기관(BSI) 사양으로, 지하 시설물을 정확하게 매핑할 수 있는 방법들을 정의하고 있다. 지하시설물이 사용 중이거나 폐기, 중복 또는 알려지지

많은 지하시설물 등을 포함하여 기존 및 신규 지하시설물의 탐지, 검증 및 위치에 대한 요구 사항 등이 공공용지와 사유지를 막론하고 모두 PAS128 표준으로 적용된다. [그림 4]는 영국측량협회에서 PAS128기준에 맞도록 모듈을 4개로 나누어 지하

시설물 교육을 하고 있는데 모듈3이 GPR-PAS128 Level B(GPR)로 GPR탐사방법 교육내용이며, [그림 5]는 출간한 GPR교육 교재들이다. [그림 6]은 PAS128에서 규정한 정확도 수준을 나타내는데, GPR탐사는 Level B 수준의 정확도를 나타내고 있

출처 : <https://www.tsa-uk.org.uk/survey-association-utility-survey/>

(그림 4) 교육내용



(그림 5) GPR 교재



출처 : <https://www.pas128.co.uk/>

(그림 6) PAS128 지하시설물 탐사 품질 수준

다. 특히 영국의 측량성과 품질은 고품질 순으로 A~D레벨 등급으로 구분하는데 GPR탐사법은 2 단계인 B레벨 수준이다.

3.2.2.2 유럽 과학기술협력기구COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST Action TU1208의 주요 목표는 토목 공학에서 GPR(Ground Penetrating Radar) 기술에 대한 과학 기술 지식과 경험을 교환하고 증가시키는 동시에 구조물 모니터링에서 안전하고 비파괴적인 방법의 더 광범위하고 효과적인 사용을 촉진하는 것으로 2017년 9월에 GPR전용 과학저널인 Ground Penetrating Radar를 설립하였다. 전 유럽의 GPR 관련 분야에서 활동하는 대학, 연구센터, 민간기업 및 공공기관 간의 협력과 상호 기술경험의 교환과 공유를 통하여 비파괴적 탐사 방법인 GPR활용의 증대를 위해서 유럽 각국을 비롯하여 세계의 GPR전문가들에게 문호를 개방하고 있다.

TU1208에서 제공하는 교육 프로그램을 사용하는 대학은 로마 사피엔자 대학(Sapienza University of Rome)으로 과정명은 Ground Penetrating Radar이고, 6학점으로 전자공학 석사학위 과정에 개설 되어 있다. 그 외 박사과정 및 다른 과정들로는 토목공학과 문화재 관리를 위한 과정(GPR Ground Penetrating Radar for civil engineering and cultural heritage management)이 로마의 사피엔자 대학과 영국의 런던대학(University College London)에 개설되어 있으며, TU1208 교육 팩은 여러 모듈로 구성되어 있는데, 지속적으로 업그레이드 되고 있다. <표 9>는 교육 팩 내용으로 모듈 1에서는 GPR 소개하는 것으로 물리적 원리와 전자기 특성 및 시스템과 안테나 강의로 구성되어 있고, 모듈2에서는 토목공학에서의 GPR적용으로 도로, 철도, 건물 등에서의 GPR평가, 모듈3에서는 문화 유산, 환경, 농업, 인도적 활동을 포함한 다른 분야의 GPR적용으로 고고학조사와 환경적 적용을 포함한다. 모듈 4에서는 GPR 데이터 처리 및 해석

을 모듈5에서는 안전에 관한 내용으로 주로 GPR 탐사 중 사람과 장비의 안전을 위한 권장사항으로 구성되어 있다.

<표 9> TU1208 교육 팩

TU1208 Education Pack
Module 1: Introduction to GPR (Lecture 1.1~1.7)
1.1 What is GPR?
1.4 GPR systems
1.5 GPR antennas
Module 2: GPR applications in civil engineering (Lecture 2.1~2.5)
2.1 GPR assessment of roads
2.5 Detection and localization of utilities in urban areas by using GPR
Module 3: GPR applications in other areas, including cultural heritage, environment, agriculture, and humanitarian operations (Lecture 3.1~3.5)
3.1 Archaeological surveys by using GPR
3.2 Environmental applications of GPR
Module 4: GPR data processing and interpretation (Lecture 4.1~4.7)
4.1 Introduction to GPR data processing
4.2 Processing of GPR data collected on roads
Module 5: Safety (Lecture 5.1)
5.1 Recommendations for the safety of people and equipment during GPR prospecting

출처 : <https://www.gpradar.eu/resources/educationpack.html>

3.2.3 자격증

GPR관련 자격증으로는 일본에서 국가 공인 자격증으로 국토교통성의 등록자격으로 비파괴 내부탐사 및 기술협회에서 비파괴 탐사기술자 자격증명서를 [그림 7]같이 발급하고 있다.

또 호주의 경우는 시설물 측량사 자격(Utility Surveyor Qualification)을 두고 있는 등 국가기관에서 자격을 관리하는 일본과 호주를 제외하면 GPR만의 별도 자격증 발급은 대부분 학회나 협회 차원에서 교육 후 교육기관 자체 테스트를 거친 후 인증을 받아 GPR탐사 전문가로 활동 하고 있다.



출처: 에스퍼탐査協會

(그림 7) 일본 비파괴탐사기술자 자격증명

4. 국내 적용 방안

우리나라의 경우 지하안전법령에서 안전점검대상물에 대하여 매 5년 마다 1회 이상 GPR탐사 방법을 통한 조사를 의무화 함에 따라 GPR탐사 장비의 도입 및 활용이 크게 증가할 것으로 예상된다. 따라서 국내와 해외의 지하시설물 관련 교육 과정을 고찰해보고 선진화 된 교육과정을 우리 교육과정에 적용해 볼 필요가 있다. 이에 GPR탐사 방법 교육이 개설되어 있는 기관과 교육과정 및 교육내용을 살펴본 바, 먼저 국내의 대학을 포함한 정규 교육과정에서는 지하시설물 관련 명칭과 내용으로 교육이 실시되고 있는 기관은 조사되지 않았으며, 다음으로 지하안전법에서 규정한 국가 또는 지자체 공무원을 비롯한 지하시설물 유지관리업체 종사자 등의 교육 대상자들이 정부에서 위탁 지정한 교육 전문기관에서 법정 의무교육과정을 이수하고 있었다. 그러나 교육내용은 주로 법령의 이해와 지하안전평가, 지하안전점검 및 유지관리로 이루어져 있고 그 중 GPR탐사방법에 대한 교육은 기본교육과 보수교육을 통틀어 8시간으로 교육의 연속성 및 시수 면에 있어서도 해외기관들의 체계적인 전문교육에 비하면 상당히 부족한 편이다. 민간 교육 부분에서도 GPR탐사장비 교육이 주로 GPR장비 업체로부터 사용 방법을 배우고 현장에서 경험을 축적하는 형태로 실무교육이 이루어지고 있었으며, 체계적인 교육과정을 통한 교

육이라기보다는 경험 많은 직원으로부터 활용방법을 전수받는 형태의 교육이 대부분이고, 그 외 관련 센터나 연구소 등에서 전문가들에 의한 테스트 베드를 이용하여 자체적으로 간헐적인 교육이 이루어지고 있어 이 또한 체계적 교육의 형태라고는 보기 어렵다. 전문교육이 체계적으로 이루어지지 못하다 보니 이에 따른 GPR관련 교과서나 학습교재가 해외에 비하여 빈약한 편이다.

해외에 있어 대학원 교육으로는 홍콩 이공대학과 미국의 아리조나대학, COST에서 TU1208 Education Pack을 이용한 이탈리아의 사피엔자 대학과 런던 대학에서 교육이 이루어지고 있으며, 대학 과정은 주로 토목공학부나 토지측량 관련학과에서 영국, 홍콩, 미국의 여러 대학 등에서 정규 교과 과정이나 다양한 형태의 온라인 과정으로 개설 운영되고 있고, 협회 등에서도 다양한 교육과정들을 개설하여 GPR교육을 체계적으로 실시하고 있다.

교육내용은 주로 GPR의 기본 이론, 물리적 원리와 전자기 특성, 시스템 구성과 안테나, 데이터 처리와 해석 및 판독, 2D 및 3D 시설물 구현, 토목, 환경, 고고학 등의 응용분야 적용, 보고서 작성법 등의 교육내용을 모듈화하여 교육하고 있고, GPR교재도 자체적으로 출간하여 활용하고 있다. 특히 COST에서 GPR교육 프로그램을 유럽의 각 대학과 기관에 제공하여 활용할 수 있도록 문호를 개방하고 있다.

우리나라에서는 1980년대 이후부터 서울특별시를 시작으로 현재는 전국 단위로 지하시설물 조사가 이루어지고 있으며, 지하시설물 안전사고 발생과 싱크홀 발생으로 시민의 안전이 위협에 처하게 되는 우려에 따라 2018년 시행된 지하안전관리에 관한 특별법령에 GPR탐사 의무화가 규정 되었다.

따라서 법 규정에 따른 사용 확대가 확실시되는 GPR탐사방법에 있어서 우리나라에서도 GPR탐사 교육분야의 정확도 향상을 위하여 다양한 포장 재질과 지하시설물 등을 설치한 대규모 테스트 베드를 갖춘 대학이나 공공기관의 현장 교육시스템의

도입이 필요하다. 또 해외의 대학교육기관 사례들처럼 다양한 GPR탐사 관련 교육내용들을 모듈화하여 편성하는 것이 요구되며, 국내 GPR탐사 관련 교육을 대학교육과 공공기관 및 민간단체 등으로 이원화하여 각 수준에 맞는 교육과정과 교육내용을 개발하여야 한다. <표 10>은 해외사례를 망라하여 적용한 정규 교육 모듈 편성 내용이다. 정규 대학 과정은 영국 등 해외 대학의 교육내용을 참고하고, 협회 등의 교육은 실용적 내용을 포함한 영국측량협회의 PAS128 교육 팩을 벤치마킹하여 개발하는 것이 효율적일 것이라 판단되며, 자격증제도 또한 해외 사례와 같이 교육 프로그램을 보유하고 있는 관련 학회나 협회에서 도입하여 일정하게 수준 있는 GPR탐사 전문가를 배출하여 지하시설물 관리를 고도화 할 수 있는 인적자원 개발에 노력이 점진적으로 필요하다.

<표 10> GPR 정규교육 모듈

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. GPR 이해
지구물리학적 조사 이론
비파괴 검사
지면 투과 레이더의 역사와 적용 개요 2. GPR 탐지 메커니즘 원리
신호전파의 및 반사체 재료의 특성과 역할
시스템, 안테나 3. GPR 데이터 수집 및 조사 설계 절차
2D 및 3D 측정 취득 4. GPR데이터 처리, 분석 및 해석
전기 저항 단층 촬영의 해석 5. GPR 응용
도시, 토목, 도로, 환경, 고고학 6. 보고서 작성 7. 평가 |
|---|

5. 결 론

본 연구에서는 지하시설물 관리 현황과 GPR탐사방법에 대한 내용을 고찰하고 다양한 분야의 학문적 지식을 기초로 하는 GPR탐사방법에 대하여

해외 대학들의 정규 교육과정과 온라인 교육을 포함하여 기타 교육기관들의 교육내용을 조사 분석하여 국내 교육과정 개발과 운영을 위하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 지하시설물 관리에 따른 권한이 지방자치단체 및 위탁 운영기관으로 분산 관리되고 있어 효율적인 통합관리시스템이 부재한 상황이다. 따라서 통일적인 컨트롤 타워 역할을 통하여 신속하고 정확한 지하시설물 관리가 가능하도록 전국적인 규모의 공기업에서 전반적으로 담당하는 것이 필요할 것이다.

둘째, 국내 GPR교육에 있어 대학 등 정규 교육기관에서의 교육과정의 편성은 없고 일부 연구사례만 있어 지하시설물 관련 심층 연구를 위해서라도 GPR탐사 관련 전문 교육과정의 개설이 필요하다고 사료된다.

셋째, 정규 교육기관 외 협회나 지정위탁교육과정에도 GPR탐사 관련 이론과 실습시간을 추가하여 해외 사례처럼 도시, 토목, 도로, 고고학 분야까지 다양하게 활용할 수 있는 GPR탐사 인력의 저변확대에 기여할 수 있도록 하여야 한다.

넷째, 해외 대학에서는 GPR교재를 전문화된 커리큘럼의 시리즈로 발간하여 활용하고 있었으나, 국내에서는 전문성있는 교재가 부족한 편으로 교재 개발에 대한 연구지원이 필요하다.

다섯째, 해외의 경우 온라인을 통한 GPR관련 교육이 대학이나 협회를 중심으로 활발하게 이루어지고 있는 반면, 국내의 경우는 온라인을 통한 교육이 부족한 상황이다. 따라서 국내에서도 해외 사례를 참고하여 다양한 온라인 교육과정을 개발하여 시간과 장소에 구애받지 않는 교육 환경의 조성이 필요하다.

특히 해외 GPR탐사 교육내용에는 토목, 환경, 도로, 도시 및 고고학 분야 등 다양한 분야에 활용할 수 있는 내용으로 교육과정이 구성되어 있어 전문화 된 심층교육이 가능하다. 따라서 국내에서도 교육과정의 개발 확대를 통하여 교육환경을 개선하고 GPR 자격인증 제도를 선도적으로 도입한

다면 앞으로 증가할 것으로 예상되는 GPR탐사에 효율적으로 적용할 수 있고 이를 통하여 안전 분야뿐만 아니라 지하시설물관리에 있어 고품질의 위치 정확도를 확보하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

〈참고문헌〉

1. 이강원, 『지하공간정보 관리론』, 서울: 시그마프레스, 2015.
2. 오이균, “지하시설물 측량에 있어서 GPR탐사 방법의 정확도 검증 기준에 관한 연구”, 『지적 과 국토정보』, 제51권 제2호, 2021.
3. 오이균, “레이다방식을 이용한 지하시설물측량에 관한 연구”, 석사학위논문, 연세대학교 공학대학원, 1988.
4. 김정옥, “지하시설물 탐사에 대한 차량 견인형 GPR의 적용에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교, 2016.
5. 송석진, “현장 GPR 탐사자료와 지하공간 통합 지도 상호위치 정확도 분석에 관한 연구”, 한국지리정보학회지, 제23권 제4호, 2020.
6. 김원대 외, “지하공간정보 정확도 향상을 위한 품질등급제 연구”, 『한국측량학지』, 제39권 제3호, 2021.
7. 박순표, “시가지지하시설물 측정등록과 관리에 관한 연구”, 석사학위논문, 연세대학교 행정대학원, 1985.
8. <http://www.drps.ed.ac.uk/21-22/dpt/>
9. <https://www.polyu.edu.hk/lsgi/uusspec/en/>
10. <https://www.lpl.arizona.edu/graduate/courses/ptysgeos-549>
11. <https://www.stakinguniversity.com/classes/gpr-training/>
12. <https://www.tsa-uk.org.uk/survey-association-utility-survey/>
13. <https://www.pas128.co.uk/>
14. <https://www.cost.eu/actions/TU1208/>
15. <https://www.gpradar.eu/resources/educationpack.html>
16. 에스퍼탐사協會. 2013. 에스퍼 탐사 標準積算資料 <埋設物調査, 空洞調査>

(접수일 2022.11.10., 심사일 2022.11.18., 심사완료일 2022.11.29.)