

## 도로기반시설물정보의 위치정확도에 관한 연구 Positional Accuracy of Road and Underground Utility Information

박 홍 기\* · 신 동 빈\*\*  
Park, Hong-Gi · Shin, Dong-Bin

### 要 旨

GIS의 사용이 확대되면서 사용자들은 데이터의 품질과 원자료에 대한 관심이 매우 증대되었다. 정확도는 전체 품질 중의 한 요소이며, 또한 위치정확도는 정확도의 일부분이다. 정확도 측면에서 본다면, 수작업, 종래의 측량기술, GPS 또는 리모트센싱 등 무엇이든 간에 위치와 속성 정보에 대한 동시 수집방법은 위치와 속성이 정확하게 서로 관련되어 있는 것을 확인하는 가장 실질적인 방법이다.

본 연구는 도로기반시설물의 품질을 확보하고 지속적으로 유지관리하기 위해 고려할 사항으로서 위치정확도를 사용자측면과 공급자측면에서 분석하였다.

도로기반시설물의 위치정확도는 도로기반시설물 데이터베이스를 구축하는 과정에서 발생하는 기대정확도, 실제 업무에 활용하는 과정에서 발생하는 사용자 요구정확도로 크게 나누어 분석할 수 있으며, 계획기관에서 데이터베이스 구축방법을 결정할 때에는 비용대비 기대효과 측면에서의 정확도를 고려하여야 한다.

### ABSTRACT

As the use of GIS becomes more widespread, the quality and source of data is becoming more of a concern among users. But accuracy is a component of quality, and the positional accuracy is a component of total accuracy. If only we consider the positional accuracy, simultaneously collecting technology of location and attribute information, whether it be manually, using conventional surveying method, GPS, or remote sensing, is a practical way of insuring that location and attribute information are correctly correlated.

This study analyse the positional accuracy from a view-point of user and supplier, which is the considerations that can ensure quality level and continuously maintain the road and underground utility information.

The positional accuracy of road and underground utility information are considered as two categories - expected accuracy of data collection procedure, required accuracy of data usage process. And the project manager must consider the cost/benefit view of data generation in order to determine the surveying method.

\* 정회원 및 이사, 경원대학교 토목환경공학과 교수 (hgpark@mail.kyungwon.ac.kr)

\*\* 정회원 및 이사, 국토연구원 GIS연구센터 책임연구원

## 1. 서론

지하시설물 전산화란 지하에 매설된 상수도, 하수도, 가스, 통신, 전기 등 도시기반시설물의 위치와 속성을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위해서 GIS를 이용하여 전산화하는 것을 말한다. 우리나라에서는 1990년대에 대구 지하철공사의 도시가스 폭발사고, 서울 마포구 공덕동 지하철공사의 도시가스 폭발사고 등을 계기로 본격적으로 지하시설물 전산화의 필요성이 강조되었다. 현재 국가GIS구축사업의 결과로서 그 동안 시설물관리의 주체에서 관리목적에 맞는 정확도로서 자체적으로 관리하여 왔던 시설물관련정보를 수치지형도를 기본도로 통일하여 구축하고 있다.<sup>1)</sup>

그러나 GIS의 사용이 확대되면서 사용자들은 데이터의 품질과 원자료에 대한 관심이 매우 증대되었다. 정확도는 전체 품질 중의 한 요소이며, 또한 위치정확도는 정확도의 일부분이다. 정확도 측면에서 본다면, 수작업, 종래의 측량기술, GPS 또는 RS 등 무엇이든간에 위치와 속성 정보에 대한 동시 수집방법은 위치와 속성이 정확하게 서로 관련되어 있는 것을 확인하는 가장 실질적인 방법이다.

본 연구는 위치정확도 개념에서 도로기반시설물의 품질을 확보하고 지속적으로 유지관리하기 위해 고려할 사항을 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 도로기반시설물 중 위치정확도 측면에서 의견이 분분한 지하시설물정보에 대해 분석하였다.

## 2. 도로기반시설물 정보

도로기반시설물이란 ‘도시계획법’ 및 ‘도로법’상의 도로와 관계된 도로시설물과 ‘지하시설물도작성작업규칙’에 의한 지하시설물을 말하는 것으로, 주로 도시 내에 설치되어 있는 도로시설물과 도로의 상·하부공간에 설치 혹은 매설되어 있는 7대 지하시설물(상·하수, 가스, 전력, 통신, 난방, 송유관)을 말한다.

과거 별도의 전산화사업으로 실시되었던 도로기반시설물은 이제 도로 및 지하시설물의 공동구축을 통

해 통합관리하고자 정부에서는 추진하고 있다.

### 2.1 도로기반시설물의 관리기관

도로기반시설물의 각 시설물별 관리주체는 도로 및 상·하수도는 79개 도시 자체에서, 전기시설은 한국전력공사, 도시가스시설은 한국가스공사와 전국 32개 도시가스공급회사, 통신시설은 한국통신공사, 송유관시설은 송유관공사, 난방열관시설은 지역난방공사에서 관리하고 있다.

도로기반시설물 중 지하시설물의 종류 및 관리기관은 다음 표와 같다.

표 1 도로기반시설물 중 지하시설물 관리기관

시설명	관리기관
상수도시설	지방자치단체, 한국수자원공사
하수도시설	지방자치단체
가스시설	한국가스공사, 각 지역별 도시가스회사
통신시설	한국통신공사
전기시설	한국전력공사
송유관시설	대한송유공사, 한국송유관
난방열관시설	한국지역난방주
기타 지하시설물	철도청, 지하철공사, 도시철도공사, 지방자치단체 시설물관리공단

### 2.2 도로 및 지하시설물 공동구축사업

도로와 지하시설물 공동 조사·탐사, 통합 DB구축, 그리고 구축된 정보의 공유 활용을 고려한 도로와 지하시설물 공동구축의 시범사업이 청주시를 대상으로 2002년에 실시되었으며, 사업내용은 다음과 같다.

- 상·하수도·전기·가스 등 지하시설물 통합DB 구축
- 도로시설물DB구축 및 관리시스템 개발
- 지하시설물 통합관리 시스템 개발
- 통합 DB구축 및 시스템 개발 지원방안 등 연구

국가GIS체계에서 지하시설물도전산화사업은 도로

기반시설물 개념으로 다음과 같이 변화되었다.<sup>2)</sup>

표 2 지하시설물도전산화사업 개요

구분	1단계 사업	2단계 사업
사업기간	1998~2002년	2003~2005년
사업대상	19개 거점도시	60개 시급 지자체
총사업비	1,452억원	3,500억원
사업규모	80,414 km (상·하수도)	120,000 km (도로·상·하수도)

위와 같은 지하시설물도전산화사업을 통해 지자체에서 공동구축되는 DB의 구성항목은 다음과 같다.<sup>3)</sup>

표 3 지자체에서 공동구축되는 DB의 구성항목

자료명	도형레이어	속성 내용
상수도 관로 설비	취수관, 송수관, 배수관, 급수관	관로번호, 관경, 설치일자, 연장, 심도, 갱생일, 탐사결과, 관 용도, 개통상태, 관리기관, 재질 등
상수도 제어 설비	계수/역지/감압/공기/이토밸브	밸브번호, 설치일, 밸브구경, 밸브심도, 맨홀종류, 개통상태, 밸브형식, 밸브재질
상수도 시설물	취수장, 정수장, 배수지, 가압장	취수장, 취수방법, 도수방법, 정수장명, 시설용량, 배수지명, 시설용량
하수도 시설	하수관거, 하수맨홀, 부속시설	관리번호, 관경, 길이, 매설깊이, 시변종점, 관저고, 부설연도, 관리기관
하수 구역	배수구역, 처리구역, 배수분구	처리구역명, 배수구역명, 배수분구명, 관리기관, 유입하천, 면적, 인구, 펌프장

### 3. 도로기반시설물 측량에서의 정확도

본 장에서는 도로기반 시설물도에 포함되는 오류의 유형 중 도로기반시설물측량에서 직접적으로 기인하는 정확도와의 관계를 규명하고자 하였다.

### 3.1 시설물도에 포함되는 오류의 유형

도로 및 지하시설물 통합관리체계에서의 도로기반 시설물도에 포함되는 오류의 유형을 열거하면 다음과 같다.<sup>5)6)</sup>

#### ① 완전성(Completeness)

완정성 오류는 어떤 것이 (작업규칙에 따라) 전환된 디지털 데이터에 존재하여야 하지만 없을 때 발생된다. 예를 들면, 원도에 존재하는 지형지물 혹은 주석 부분이 디지털 데이터에는 나타나지 않는 경우를 말한다.

#### ② 분류(Classification)

분류 오류는 디지털 데이터에 지형지물 혹은 속성이 존재하지만 잘못 분류되었다면 발생된다. 예를 들어, 가스 지형지물이 전기도면에 나타나거나, 밸브가 맨홀로 분류되었거나, 혹은 설치일자가 폐기일자로 속성이 분류되는 경우이다.

#### ③ 위치(Position)

만약 수치지도의 지형지물들이 정확한 지점에서 허용오차 범위 내에 위치하지 않는다면 절대위치 오차가 존재한다. 지형지물들이 서로에 대해 틀리게 위치되었다면 상대위치 오차가 존재한다. 예를 들면, 원도에는 수도가 연석으로부터 1m 떨어져 있는데 수치데이터에는 같은 수도가 연석으로부터 3m 떨어져 있다면, 상대위치 오차가 존재하는 것이다.

#### ④ 속성(Attribute Value)

이 오류유형은 주석 문자 그리고/혹은 속성값을 잘못 표현할 때 존재한다. 예를 들면, 2 인치인 파이프 직경이 DB에서는 3인치의 속성으로 표현된 경우이다.

#### ⑤ 자료구조(Data Structure)

자료구조에 대한 오류는 데이터가 어떻게 저장되고, 데이터 요소가 각각 어떻게 관련되어 있는지에 대한 것이다. 관로의 연결성, 관로의 방향성, 그리고 도형과 속성사이의 논리적 결합은 자료구조 오류가 일어나는

부분들이다.

⑥지도표현(Cartographic Representation)

이 오류들은 수치지도작성 작업표준에 따르지 않을 때 발생한다. 이상적으로는 수치지도가 원도와 외관상 맞아야 한다. 이 경우의 오차는 주석의 위치, 선의 모양과 두께 등에 대해 원도의 제도적 표현과 전환된 지도의 수치적 표현이 일치하지 못함으로써 발생한다.

3.2 지하시설물측량에서의 오차발생 요인

지하시설물 측량 과정에서 발생하는 오차는 작업의 각 단계별로 그 요인을 찾을 수 있다. 먼저, 지하시설물도 기본도는 1/1,000 수치지도가 갖는 오차와 수치지도를 출력하면서 출력장비와 용지에 의해 발생하는 오차를 모두 포함한다. 관로 탐사과정에서는 장비자체가 갖고 있는 기계 오차와 탐사된 관로의 평면위치를 측량하면서 포함되는 오차, 측량결과를 조사용 도면에 이기하는 과정에서 발생하는 오차가 있다. 또한 날씨, 주변환경이나 탐사자 등의 여러 가지의 우연오차도 포함된다.

이와 같이 관로탐사를 진행하는 과정에서 발생하는 것과는 달리, 이 탐사결과로 도면을 만들고 수치화하는 데에도 오차가 포함된다. 즉, 지하시설물도 원도작성 시에 시설물을 표기하는 과정과 작성된 지하시설물도 원도를 디지털이징과 같은 방법으로 수치화하면서 오차가 발생한다. 따라서 최종 완성된 지하시설물도는 위와 같은 오차들을 모두 포함하게 된다.

(1) 지하시설물도 기본도의 오차

가. 1/1,000 수치지도 허용오차

○ 수치지도 성과검사 기준

수치지도는 항공사진촬영, 지상기준점측량, 사진기준점측량, 수치도화 등의 제작 과정에서 오차를 발생한다.

○ 수치자료의 위치오차

점 형태의 수치화된 공간 자료는 실제의 측량 과정에서 발생한 오차, 도화, 출력 과정과 종이의 신축에 따른 오차, 디지털이징 오차 등을 모두 포함한다.

다.<sup>4)</sup>

지도의 축척이 1:M일 때, 수치지도가 갖는 오차는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다(Caspary & Scheuring, 1993).

$$\text{표준편차 } \sigma_e = \sqrt{\sigma_s^2 + M^2\sigma_m^2 + M^2\sigma_d^2}$$

여기서,  $\sigma_s$  : 측량에서의 표준편차로 20~300mm

$\sigma_m$  : 지도 출력에서의 표준편차로 0.1~0.3 mm

$\sigma_d$  : 디지털이징에서의 표준편차로 0.1~0.3mm

M : 지도의 축척 계수

나. 출력 오차

지하시설물 조사·탐사의 결과를 기록하기 위해 1/1,000 수치지도를 1/500으로 확대출력된 지하시설물도 기본도는 1/1,000 수치지도가 갖는 오차뿐만 아니라 출력하는 과정에서 발생한 오차도 포함한다.

(2) 관로탐사시 발생하는 오차

가. 탐사장비의 오차

탐사장비의 기계적 오차는 지하 3m까지 시설물이 매설되었을 경우 약  $\pm 30\text{cm}$ 의 오차를, 2m인 경우 약  $\pm 20\text{cm}$ 의 오차를 내포하고 있다.

그러나 외국의 경우 지하시설물의 종류나 재질별로 허용오차를 규정하는 경우는 없으며, 사업별로 쌍방 제안에 의한 계약에 의해 허용오차를 두고 있다.

나. 평면위치 측량 오차

탐사된 관로는 먼저 노면에 위치를 표기하고 측량장비를 이용하여 잴다. 줄자를 이용하여 도로나 건물 의 경계와 같은 기준선으로부터 상대적인 위치를 측량하는 경우, 10cm 단위까지 기록하는 것이 보통이다. 따라서 위치오차의 한계는 적어도  $\pm 5\text{cm}$ 가 되며 눈금을 읽는 사람에 따라서 오차가 또 발생할 수 있다. 이 과정에서 발생하는 오차는 매설깊이에는 관계가 없지만 위치오차의 큰 부분을 차지한다.

다. 이기 오차

현장에서 스케일자를 이용하여 지하시설물도 조사용 도면에 표시하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다. 이는 기록하는 사람과 스케일자, 도면의 신축 등에 영향을 받을 수 있다.

만일 탐사된 현장에서 절대위치가 컴퓨터에 바로 기록되어 수치화된 도면에 입력될 수 있다면 이러한 오차는 없어질 수 있다.

(3) 지하시설물 조사·탐사 과정에서 발생하는 총 오차

지하시설물 조사·탐사 전 과정에서 발생하는 총 오차( $\sigma_t$ )는 1/1,000 수치지도의 오차( $\sigma_b$ ), 탐사기기 오차( $\sigma_i$ )를 합하여 구하여야 한다.

$$\sigma_t \approx \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_i^2}$$

그러나 이와 같은 총 오차가 정확히 계산될 수 없는 이유는 위에서 소개한 오차 이외에 탐사 당일의 기상 조건이나 탐사자의 숙련도, 탐사 장비의 성능, 도면의 신축 등 지하시설물의 탐사 과정에서 발생하는 여러 가지 오차를 고려해야 하기 때문이다.

#### 4. 사용자와 공급자측면에서의 위치 정확도

##### 4.1 사용자 측면에서의 위치정확도

일반적으로 위치정확도는 기하학적 일치성, 상대적인 정확도, 절대적인 정확도의 세 가지 기준으로 평가할 수 있다. 기하학적 일치성은 수치화된 목적물이 실제의 기하학적 형태나 배열을 얼마나 정확하게 표현하고 있는가를 나타낸다. 상대적인 정확도는 어떤 데이터의 다른 데이터에 대한 위치의 일치성을 나타낸다. 절대적인 정확도는 수치지도에서의 어떤 대상물의 위치가 실제 지상에서의 참 위치(절대좌표계에서의 위치)와 얼마나 일치하는가를 나타낸다.

지하시설물 위치정확도 오차와 사용자(지하시설물 관리기관 측면) 측면에서의 위치정확도 오차는 서로 다른 의미를 지닐 수 있다. 일반적으로 지하시설물 위

지정확도는 지하시설물 조사탐사, 데이터 입력 등의 과정에서 필연적으로 발생하는 오차를 말한다. 반면, 사용자 측면에서의 위치정확도란 지하시설물을 관리하는 기관에서 지하시설물을 관리하는데 있어서 지녀야 되는 지하시설물 오차의 최적 범위를 말하는 것이다. 이는 지하시설물 데이터베이스를 구축하는데 소요되는 비용대비 효율성 측면에서의 오차 범위, 사용자가 지하시설물관리와 관련된 업무를 수행하는 데에 있어 지장이 없을 정도의 오차 범위 등을 고려한 최적 오차 범위를 가리킨다.

사용자 측면에서의 지하시설물 위치정확도는 지하시설물 데이터베이스 구축 방법별 기대정확도와 실제 업무활용 측면에서의 활용용도별 정확도로 구분할 수 있다. 기대정확도는 지하시설물 관리기관에서 데이터베이스 구축비용대비 효율성 측면에서 지하시설물 데이터베이스를 구축한 성과에 대한 정확도라고 할 수 있다. 반면 활용용도별 정확도는 지하시설물 데이터베이스를 구축한 사용자가 업무에 활용할 때 업무 종류에 따라서 분류될 수 있는 정확도라 할 수 있다.

##### 1) 데이터 구축방법별 기대정확도

지하시설물 데이터베이스를 구축하는 과정에서 발생하는 필연적인 오차를 사용자 측면에서 보면 지하시설물 데이터베이스를 구축하는 방법별 기대정확도로 볼 수 있다.

지하시설물 데이터베이스를 구축하는 방법은 현장에서의 측량방법 및 기본도(1/1,000축척의 수치지도) 활용도에 따라 크게 두 가지로 나누어진다.

첫 번째는 기본도를 활용하여 지하시설물의 위치를 탐사 및 측량하는 방법인데, 기본도의 지형지물에서 지하시설물의 상대적인 위치를 지거측량 또는 삼변측량의 방법에 의해 결정하는 방식이다. 이는 사용자 측면에서 볼 때 가장 바람직한 방법이라고 할 수도 있는데, 사용자는 데이터베이스 구축 이후 도로의 굴착 공사 작업을 할 때에 가장 가까운 지형지물에서의 이격거리로서 지하시설물의 위치를 확인할 수 있다는 장점이 있다. 반면, 위치정확도 측면에서는 기본도가 지니고 있는 오차를 그대로 지닐 수밖에 없다. 즉, 국가기준점체계에서의 공간적인 위치정확도(절대정확

도)는 기본도의 오차를 그대로 지니고 있으므로 낮다고 할 수 있으나, 도로 굴착공사 등 실제 업무 활용측면에서는 상대적인 정확도 측면에서 매우 효율적으로 활용할 수 있는 방법이다.

두 번째는 기본도와는 상관없이 지하시설물 위치를 측지기준점을 이용하여 측량하는 방식이 있다. 지하시설물의 위치를 탐지기를 사용하여 탐사한 이후 이미 알려져 있는 삼각점(측지기준점)으로부터 지하시설물의 위치를 알아내는 방법이다. 이는 절대좌표(절대적인 위치정확도) 측면에서 매우 바람직한 방법이라 할 수 있다. 그러나, 지하시설물 데이터베이스를 활용하는 사용자 입장에서는 지하시설물의 위치를 주변 지형지물로부터 유추하기에는 한계를 가지고 있으며, 이미 구축된 지하시설물의 정확한 위치를 알아내기 위해 지하시설물 데이터베이스 구축 시 측량작업(기준점측량 포함)을 다시 해야 하므로 시간 및 비용적인 효율성이 떨어진다는 단점이 있다.

## 2) 업무 활용측면에서의 요구정확도

지하시설물 관리를 위한 사용자의 업무는 크게 네 가지로 나눌 수 있다.

첫 번째로 예산관리, 자재 및 자산관리, 사용료 부과징수, 각종 공사계약, 용지 취득보상, 기타 관리업무 등의 행정 및 지원업무가 있다. 두 번째로 중장기기본계획, 시설물건설계획, 공사감독, 준공도면관리 등의 시설물 신설관리 업무이다. 세 번째로는 시설물 감시, 유지보수, 긴급복구, 도면 및 대장관리, 현황통계집계, 주제도 작성 등의 시설물 유지보수관리 업무이다. 네 번째로는 인허가 신청접수 및 처리, 수용가 정보관리, 수용가시설 설치, 각종 민원접수 및 처리, 대민 정보서비스 등의 수용가 및 민원관리 업무 등으로 요약할 수 있다. 지하시설물 관리기관의 사용자 업무는 대부분 지하시설물 위치현황 데이터의 채원, 공사, 보수이력 데이터를 직접 활용하거나 연계 처리하는 업무가 대부분으로 파악된다.

지하시설물 데이터베이스를 구축하고 실제 업무에 활용하는 업무시스템 측면에서 활용도를 살펴보면 시설물대장관리 업무, 수용가관리업무, 굴착현황관리업무, 공사관리업무, 현황집계업무 등으로 나눌 수 있

나, 이들 사용자 측면에서는 지하시설물 대장 및 도면의 입력, 출력, 조회, 수정 등 시설물 관리차원의 업무가 대부분을 차지하고 있다.

지하시설물 위치정보와 관련된 업무는 지하시설물 공사관리와 관련한 굴착공사 관리가 대부분이다.

일반적으로 수치화된 지하시설물도에서 관로는 하나의 라인으로 표현된다. 그러나, 실제로는 관경의 크기에 따라서 면을 형성하고 있는 폴리곤이다. 따라서, 사용자 측면에서 지하시설물 관로의 정확도를 설정할 때, 관로의 관경에 해당되는 만큼에 해당되는 위치오차를 이미 인정하고 있는 셈이다. 만약 신설 관로를 설치하고 매설하기 전에 그 정확한 위치를 측량하여 관망도에 입력한다면 오히려 탐사 시 오차를 줄일 수 있을 것이다.

이처럼 사용자 측면에서는 육안으로 보이지 않는 지하시설물을 탐사라는 방법에 의해서 데이터베이스로 구축하면서 지하시설물 위치의 중요성을 강조한다. 지하시설물 데이터베이스 구축 시에는 탐사라는 과정 때문에 오차가 발생할 수밖에 없으며, 구축된 지하시설물 데이터베이스를 굴착 등에 의해 갱신작업 시에는 탐사과정에 의한 오차를 줄일 수 있다.

탐사를 통해 구축되는 지하시설물을 활용하는 측면에서의 위치오차의 범위는 데이터베이스로 구축하는 지하시설물 관경과 깊은 관련성을 가지고 있다. 지하시설물 관경의 중심부에 리드선이 동시에 매설되어 있는 경우를 제외하고는 탐사 시 탐사장비의 오차와는 별도로 지하시설물 관경 만큼에 해당되는 평면위치 오차를 지닌다고 할 수 있다. 따라서, 지하시설물 데이터베이스를 활용하는 사용자 측면에서의 오차범위는 지하시설물 탐사 시 측량방법에 따라 발생하는 기대오차에 해당 관로의 관경의 1/2을 더한 값이라 할 수 있다.

또한, 지하시설물에 대한 공사를 완료하여 준공도면을 대장에 이기(입력)하는 업무에서의 오차의 한계는 탐사관련한 오차를 제외한 수치지도의 위치오차, 지하시설물 위치측량오차, 지하시설물 입력오차로 나타낼 수 있다.

## 4.2 공급자 측면에서의 위치정확도

1) 시설물위치측량방법의 특징 및 애로사항

청주시 시범사업은 6대 지하시설물(상수, 하수, 전기, 통신, 가스, 지역난방) D/B와 도로관리D/B를 구축하기 위한 조사/탐사 및 측량을 실시하였다.

지하시설물 DB구축은 조사/탐사 후 위치측량을 (지거측량 방법, 도시기준점에 의한 토털스테이션 측량 방법, GPS-RTK방법) 등 여러 가지 측량방법으로 실시하였다.

도로관리 DB구축은 지하시설물과 동일한 방법으로 실시하였고, GPS-VAN을 일부구간에 적용하였다.

또한 토털스테이션과 PDA의 통합에 의한 현장측량도 시범적으로 실시하였다.

지거측량 방법은 탐사위치를 지거측량에 의해 실시하는 것이며, 토털스테이션 방법은 GPS에 의해 도시기준점을 매설한 후 그것을 기반으로 탐사위치를 토털스테이션에 의해 측량하는 것을 말한다. GPS-RTK 방법은 탐사위치를 RTK방법으로 측량하고 RTK로 수신이 안 되는 지점들은 T/S로 보완측량을 하였다.

(1) 지하시설물 위치측량방법별 자료취득의 장점과 문제점

가. GPS-VAN에 의한 자료취득방법

가) GPS-VAN의 장점

- a. 차량 주행중 모든 데이터 수집 가능
- b. 시속60-80km에서 높은 정확도의 자료취득
- c. GIS DB와 영상정보의 결합
- d. GIS용 데이터베이스화
- e. 수치지도의 실시간 수정 및 갱신

나) 지하시설물 탐사위치 취득 및 도로 등에 적용했을 때의 문제점

- a. 도로변의 노상주차 및 기타 시설물 등의 장애 및 수신상의 문제 등으로 자료를 취득하지 못하는 부분이 발생하고 그에 따라 시설물에 대한 보완측량이 필요하다.
- b. 취득된 영상의 엘베도현상(반사) 등에 따라 지하시설물 탐사위치(스프레이 표시)의 영상

취득이 불가능한 경우가 있다.

- c. 이면도로의 경우 주차문제 등 제반환경에 현실적으로 문제가 있어 VAN차량의 진입이 어려운 경우가 발생한다.

따라서 GPS-VAN의 경우 대규모 개활지나 국공립공원관리(산악제외) 또는 택지개발지구 등의 정보를 취득하는데는 매우 효과적인 것이다.

나. GPS-RTK에 의한 자료취득방법

가) GPS-RTK의 장점

- a. 단시간 내(점당 관측소요시간:1-2분) 많은 관측점의 측정이 가능
- b. 지형측량, 현황측량, 측설 등에 사용
- c. 2cm 이내의 정확도
- d. 반경 2km이내의 현장에 사용



그림 1 GPS-RTK를 이용한 도시시설물 취득파일 (예)

나) 지하시설물 탐사위치 취득 및 도로 등에 적용했을 때의 문제점

- a. 복잡한 도심지 및 고층건물지역의 GPS수신율이 낮아짐에 따라 추가적인 위치측량 작업이 요구된다.
- b. 수신기와 위성간에 기하학적 배치 등으로 시간대에 따라 취득여부가 달라질 수 있다.
- c. GPS-RTK측량 후 미취득된 위치에 대하여 토털스테이션을 이용한 추가 위치측량 작업이 요구되며, 두 가지 측량방법을 혼용하기 때문에 측량성과(관측기록부, 좌표계산서)의 편집

에 따른 시간이 요구된다.

다. 토털스테이션과 PDA연계에 의한 자료취득방법

가) PDA의 장점

- a. 현장에서 전자야장으로 직접사용이 가능하며, 일부 속성데이터의 입력이 가능
- b. 조사/측량성과의 실시간 입력 및 무선통신을 이용한 실시간 수정/갱신
- c. 데이터 누락 및 손실의 최소화
- d. 신속/정확한 자료획득

나) 적용 시 특징 및 문제점

- a. 현장 기후여건에 따라 작업능률 감소
- b. 전산공정에 익숙하지 않은 현장작업자의 작업능률 저하
- c. 전자야장을 사용하므로 공정상 종이에 의한 현장야장이나 현장작업 종료 후 실내에서 원도를 편집하는 공정이 생략될 수 있다. (다만 추가적으로 속성자료를 입력할 경우 도형정보와 연결할 최소한의 종이도면과정이 필요할 수도 있다.)
- d. 현장상황을 고려할 때 토털스테이션에 우선으로 연결한 것을 대체하는 무선기능의 개발이 요구된다.
- e. 기존의 조사/측량은 성과(야장,원도)가 있어서 실내검수가 가능하나 PDA사용의 경우 현장검수로 한정될 수밖에 없을 수 있으므로 검수방법의 개발이 요구된다.
- f. PDA사용 시 현재 규정에 있는 산출물인 현장야장, 원도 및 수기제작된 대장조서 등과 관련한 법적, 제도적 정비 또한 개선되어야 할 것이다.

라. 절대측량에 의한 지상시설물 측량결과와 기존도면을 이용하여 실내에서 입력하고 변곡점 등만 현장탐사를 통하여 자료를 취득하는 방법

가) 적용 시 특징 및 문제점

관련도면을 참조하여 입력한 경우 기존자료가 제대

로 정비되어 있지 않거나, 정확도가 결여됐을 때 가장 큰 문제를 야기하게 한다.

오차범위 내 연장비용은 토털스테이션에 의한 성과를 기준으로 관로 좌,우측 30cm를 기준으로 그 기준 내에 들어오는 도면을 참조하여 입력한 관로의 연장을 전체 연장과 대비하여 산출한 것으로서, 원시자료(도면)의 정확한 정비가 선행되어야하며 또한 오차범위 내에 성과가 들어와도 관망이 불규칙한 경우가 많이 발생하고, 실내에서 입력한 것을 감안하여 정확도의 오차범위에 대한 법적, 제도적인 정비가 요구된다.

(2) 현행 지하시설물 관리 및 조사/탐사의 문제점과 개선방향

- ① 관리기관 자체에서의 지속적인 원시자료의 정확한 정비가 필요하며 이를 위한 전담조직이 요구된다.
- ② 불탐구간은 실탐지역에 비해 실제로 여러 번 현장에 투입되므로 그에 따른 투입수수(인력,장비)가 증대되기 때문에 감독확인을 통한 일정물량(금액)의 실탐할인률 적용방법에 대한 제도개선이 필요하다.
- ③ 탐사위치 측량방법에 따른 현행 품셈의 분리보완이 필요하다. (상대측량과 절대측량의 구분실시에 따른 적용품셈의 제도화) 또한 절대측량 도입에 따라 측량장비 및 측량기술자의 투입에 따른 장비(감가상각) 및 인력의 현실적 품셈 적용과 절대측량의 근간이 되는 도시기준점의 측량비용 적용금액 산정이 필요하다.
- ④ 성과의 정확도 확보차원에서 비금속관로는 직접 탐사구간 외에는 일정길이 또는 특정구간에 대한 굴착의 제도화 또는 비금속관로의 금속화에 대한 제도개선이 요구된다.
- ⑤ 신설 또는 노후시설(관로) 교체 시 해당 시공업체의 준공관련 제출성과물로 준공도면 외에 위치측량 결과데이터를 동시에 의무적으로 제출하게 하도록 제도정비가 요구된다. 또한 공사 중 예상치 못한 지하장애물의 발견으로 부득이 관로노선 및 깊이의 변경이 발생되어 설계도면대



로 시공처 못하고 부득이 노선변경이 이루어지나 그 내용이 설계도면에 재반영되었는지 확인이 필요하다.

⑥ 탐사 기술자 교육의 제도화

탐사기술자들을 위한 전문교육기관에서 조사/탐사에 필요한 전문지식을 습득하고 그에 따른 자격증제도의 신설로 공인된 전문가들을 육성하여 보다 정확한 지하시설물의 구축, 관리 및 유지/보수가 이루어져야 할 것이다.

2) 공급자 측면에서의 시설물별 위치측량 정확도

측량방법에 따른 장단점이 존재하며, 현장에서 측량하는데 애로사항과 개선사항이 존재한다. 따라서 계획기관에서는 사용자측면에서의 측량정확도를 확보할 수 있는 측량방법을 예산과 비교하여 결정하게 된다. 그러나 계획기관으로부터 용역을 받은 공급자의 입장에서는 조사/탐사 및 측량에 따른 정확도가 측량방법과 측량할 도형요소에 따라 구분될 뿐이다.

(1) 지상 및 지하 시설물에 따른 구분

도로기반시설물의 위치를 결정하는 방법에는 지상 시설물의 위치와 지하시설물의 위치로 구분하여 생각할 수 있다. 지상시설물의 위치측량은 육안으로 확인할 수 있는 시설물이므로 일반적인 지상측량과 같은 정확도를 동일하게 고려할 수 있다. 그러나 지하시설물의 위치는 지하시설물 탐사의 정확도를 포함하여야 한다.

지상시설물의 위치측량 정확도 =

$$\sqrt{(\text{탐사오차})^2 + (\text{측량오차})^2}$$

(2) 상대위치 및 절대위치에 따른 구분

절대위치 측면에서 본 상대위치측량 방법과 절대위치측량방법의 정확도는 다음과 구분할 수 있다.

$$\text{상대위치 정확도} = \sqrt{Ma^2 + Mr^2}$$

여기에서  $Ma$  : 참조점 또는 선의 절대위치정확도,

$Mr$  : 상대위치정확도

$$\text{절대위치 정확도} = \text{측량정확도}(\text{절대위치측량방법})$$

그러나 단순히 상대위치측량과 절대위치측량의 결과값인 상대거리와 절대좌표의 정확도를 비교한다면 이는 측량방법의 정확도로 표현할 수 있다.

$$\text{상대위치측량(상대거리) 정확도} = \text{지거법에 의한 측량정확도}$$

$$\text{절대위치측량(절대좌표) 정확도} = \text{GPS 또는 토털 스테이션에 의한 측량정확도}$$

(3) 시설물 대상에 따른 구분

지하시설물(상수, 하수, 전기, 통신, 가스, 지역난방 등)과 도로 데이터를 관리하는 기관의 입장에서는 서로 다른 시설물별 레이어로 구분되지만 이들 데이터를 조사/탐사 및 측량하는 공급자 입장에서는 지형 지물 요소인 점, 선, 면으로 구분되어 측량될 뿐이다.

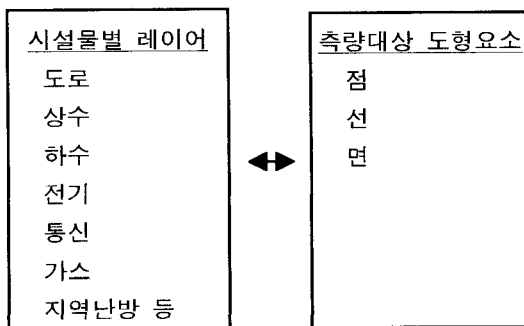


그림 2 관리자과 공급자 간의 측량대상에 대한 개념차이

측량은 측점에 대한 좌표를 결정하는 것이므로 점, 선, 면은 다음과 같은 측량오차를 갖는다고 할 수 있다.

$$\text{점요소에 대한 위치정확도} = \text{측량정확도}$$

$$\text{선요소에 대한 위치정확도} = \text{측량정확도} \times \sqrt{2}$$

$$\text{면요소에 대한 위치정확도} = \text{측량정확도} \times \sqrt{2}$$

(면 요소는 면적을 결정하는 것이 아닌 폴리곤의 경계를 결정하는 것이므로 선의 연결이다.)

(4) 탐사 지역에 대한 구분

지하시설물 탐사대상은 급속과 비급속으로 크게 나눌 수 있으며, 비급속 관로인 경우 탐사가 되지 않는 지역(불탐구간)이 발생한다. 또한 경우에 따라서는 지하시설물 탐사를 하지 않고 기존 자료를 이용하는 지역(미탐지역)도 있다.

탐사가 불가능한 지역으로 (주)한진정보통신은 다음과 같은 전자파 장애지역을 들고 있다.

- 육교 기둥에서 2m 이내
- 철로에서 2m 이내
- 가로등에서 1m 이내
- 가드레일이 끊긴 지역
- 전신주나 신호기에서 1m 이내
- 교통통제기에서 1m 이내
- 울타리 및 급속 구조물에서 1m 이내
- 도랑안
- 길가 간판에서 1m 이내
- 자동차에서 1m 이내
- 공사장 지역
- 송전탑에서 10m 이내
- 변전소에서 3m 이내

이와 같은 지역은 위치정확도를 측량정확도로 표현할 수 없으므로 정확도 개념이 아닌 별도의 품질수준으로 표현하여야 한다.

5. 결론

본 연구에서는 데이터의 품질을 관리하는 사용자의 입장에서와 현장에서 데이터를 수집하는 공급자의 입장에서 위치정확도를 고찰하였으며, 그 특징적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 사용자측면에서의 도로기반시설물에 대한 위치정확도는 도로기반시설물 데이터베이스를 구축하는 과정에서 발생하는 기대정확도, 실제 업무에 활용하는 과정에서 발생하는 사용자 요구정확도로 크게 나누어 분석할 수 있으며, 이들의 정확도는 차이가 있다.

둘째, 실제 업무에 활용하는 과정에서 발생하는 사용자 요구정확도는 지하시설물 위치 중요성이 크지 않은 업무, 굴착공사를 위한 지하시설물 위치탐색, 지하 시설물도의 갱신에 따라 오차범위가 다르다.

셋째, 공급자 입장에서의 위치정확도는 사용자와는 달리 그 대상을 시설물별이 아닌 도형요소로 관측하며, 사용된 측량 방법과 기기 및 실측여부에 따라 구분되어야 한다.

넷째, 일반적으로 시설물별 위치정확도는 계획기관의 요구정확도와 같다고 볼 수 있다. 그러나 도로기반시설물 데이터베이스를 구축 및 관리하는 기관의 요구정확도는 그 활용도 즉 계획, 공사, 관리에 따라 요구정확도가 다양하며, 또한 시설물별 관리기관들에서 채택하는 기본도에 따라 차이가 발생하므로, 통합관리하는 측면에서의 요구정확도는 비용대비 기대효과 측면에서 검토되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 건설교통부, 지하시설물 조사 및 탐사방법과 비용 발생 요인 연구, 1997.
2. 국가 GIS 지리정보분과위원회, 국가지리정보체계 2003년 시행계획, 2002.
3. 대한측량협회, 지하시설물 측량 실무, 1999.
4. 박흥기, "지형공간정보의 정확도 확보 방안", 한국지형공간정보학회 GSIS Tutorial 자료집 "지방화, 정보화를 위한 GSIS의 구축과 활용", 1995, pp.183-194.
5. Bernie Levin, Proceedings of the 2001 AASHTO /FHWA ; Right of Way and Utilities Conference, 2001.
6. Jeffrey J. Lew, Cost Savings On Highway Projects Utilizing Subsurface Utility Engineering, 2000.