

RTK-GPS를 이용한 지하시설물의 위치 정확도 분석 Analysis of Position Accuracy for Underground Facility Using RTK-GPS

박운용¹⁾ · 이종출²⁾ · 정성모³⁾

Park, Woon Yong · Lee, Jong Chool · Jung, Sung Mo

Abstract

The complicated facilities on the ground have begun to be laid under the ground as increasing emphasis on the beauty of cities due to centralization. But, as the kind of the facilities have been concentrated on the narrow area, accidents occur due to the difficulty of maintenance and the inaccuracy of location information. In this study, first we constructed the field test model to compare with the method of underground probing. So, we could know that the electromagnetic induction method and GPR(Ground Penetration Radar) are useful. It was acquired the position information for the underground facilities using a RTK-GPS. As the result, we have analyzed the accurate position of the underground facility and show the way improving accuracy in detecting and surveying comparing with the traditional surveying method. Also, we hope to contribute the effective maintenance and prevention of disasters to the underground facility as using underground facilities 3D position with Arcview and building the DB of exact depth and underground facilities information system.

요 지

도시의 집중화로 인하여 도시미관이 중요시되면서 복잡한 지상시설물들을 지하에 매설하게 되었다. 그러나 다양한 종류의 시설물들이 좁은 공간에 집중적으로 매설되면서 이들 시설물들에 대한 유지관리의 어려움과 부정확한 확인으로 인하여 빈번한 사고를 유발하고 있다. 따라서 본 연구에서는 우선 지하매설물의 탐사법을 비교평가하기 위해 현장실험모형을 구성하여 전자유도탐사법과 지중탐사법이 지하매설관거의 자료취득에 유용한 방법임을 확인할 수 있었다. RTK-GPS를 이용하여 지하매설물에 대해 실시간 평면 위치정보를 획득하여 재래적인 측량 방법과 비교한 뒤 지하시설물도의 위치 정확도를 분석하였다. 또한, ArcView를 이용하여 지하시설물의 3차원 위치와 매설심도를 DB화하고 지하매설물 정보 체계(UIS)에 활용함으로써 지하시설물에 대한 효과적인 유지관리, 재해방지에 기여하고자 한다.

핵심용어(Keywords) : 전자유도탐사법, 지중탐사법, RTK-GPS, 지하시설물, 지하매설관거

1. 서 론

최근 도시가스 폭발사고와 지하시설물 절단사고 등 지하매설물에 대한 정확한 위치정보가 중요하게 대두되고 있다. 그러나 급속한 도시화로 인하여 좁은 지하공간에 복잡하게 얽혀 형성되어 있는 시설물들의 위치를 파악하기란 쉽지 않다. 또한 자료수집과정이 여러 단계로 이루어져 정확도뿐만 아니라 시간 및 경제적 측면에서 많은 손실

을 유발하고 있다.

정확한 지하시설물의 위치를 파악하기 위해서는 시설물 주변을 직접 굴착하고 관측 장비로 지하시설물의 위치를 측량하는 것이 가장 정확한 방법이나 급격한 도시화로 인한 교통량의 증가로 인해 도로를 직접 굴착하지 않는 간접 조사방법이 이용되고 있다.

본 연구에서는 정확한 지하시설물의 위치와 관측 문제점 그리고 오차원인을 파악하기 위해서 실험지역을 설정

1) 정희원 · 동아대학교 공과대학 토목 · 해양공학부 교수, 공학박사(E-mail:uypark@daunet.donga.ac.kr)

2) 정희원 · 부경대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공학박사(E-mail:jclec@pknu.ac.kr)

3) 정희원 · 도림건설(주) 대표이사, 공학박사(E-mail:sm4jung@hanmail.net)

하였다. 대표적인 지하시설물인 상·하수도, 가스를 대상으로 직접 지하시설물 측량을 실시하여 그 정확도를 평가하였다.

2. 연구방법과 범위

본 연구에서는 실제 관측에 앞서 현장실험모형을 구성하여 탐사법에 따라 조건별로 관의 종류, 관의 매설 심도 및 매설 재료에 따른 매설심도 오차를 비교하였다. 또한 관내 유수에 따른 분석을 수행하였다. 지하매설물의 위치 정보는 일반적인 지하시설물 탐사방법과 같이 관측대상지역에 기준점을 설치하여 GPS로 기준점 좌표를 결정한 후, 이들 기준점을 기준으로 RTK-GPS로 관측하였고 이러한 관측이 불가능한 지역은 TS(Total Station)를 이용하였다. 매설심도정보는 GPR(Ground Penetration Radar)을 적용하여 관측하였다. 지하시설물 속성정보는 관련기관의 협조를 바탕으로 현장조사를 통하여 획득하였으며, 획득된 위치정보와 속성정보로 D/B를 구축하여 ArcView를 이용한 지하시설물에 대한 3차원 시각화를 시도하였다. 이를 위한 D/B 구축방법을 제시하여 지하매설관거의 효과적인 유지관리, 재해방지, 합리적 의사결정에 기여하고자 한다.

3. 지하시설물 측량 방법

상수도, 하수도, 가스 및 통신시설 등은 국민생활에 필수적인 도시기반시설이며, 이들 시설물들은 사회생활을 영위하기 위한 기초시설로서 주로 지하에 설치되어 있기 때문에 관리나 확인이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이들 시설물들을 조사하는 방법으로는 전자유도 탐사법, 지중레이다 탐사법, 음파 탐사법, CCTV 카메라 조사법 등이 있다(이강원, 1995).

3.1 전자유도 탐사법

전자유도 탐사법(Electromagnetic induction method)은 전도체가 전기가 흐르면 도체 주변에 자장이 형성된다는 전기장 법칙에 따라 전류가 통하는 물체는 동심원적인 자장을 형성하며, 그 크기는 전류의 강도 및 거리에 따라 좌우되는 원리에 기초한다. 전자유도탐사기법은 지표로부터 매설된 금속관로 및 케이블을 탐지와 탐침(Sonde)을 이용한 공관로나 비금속관로를 탐지할 수 있으며, 장비 가격이 비교적 저렴하고 조작성 용이하며 운반이 편리하여 지하

시설물 탐지기법중 가장 보편적으로 이용되는 방법이다(이재기 등, 1997).

3.2 지중레이다 탐사법

지중레이다(Ground Penetration Radar:GPR)란 전자파의 전파와 반사파의 성질을 이용하여 지중의 각종 현상을 밝혀내는 최신의 물리탐사(Geo-physical survey)법의 일종인 레이더 기술로 개발되었다. 이 방법은 1970년대 이전에는 주로 남극과 북극의 빙하 두께측정에 사용되었으나, 이후에 Annan과 Davis에 의하여 지반조사에 응용되기 시작하면서 1980년대 이후에 상업적 이용이 가능해진 기술이다. 또한 이 방법은 공기중으로 전자파를 방사시키는 레이더와는 달리 전자파가 지하매질을 전파해 나갈 때 전자파는 반사를 하게 되고 반사되어 온 전자파를 수신하여 전자파의 경로 시간과 전자파의 속도로 반사가 일어난 곳의 위치를 확인하는 것이다. 탐사 방법은 지표에서 전자파를 지하에 방사시켜 탐사를 수행하는 것으로 전자파가 일차적으로 통과하게 되는 표토층의 전기 전도도가 비교적 높아 이 표토층에서 전자파의 감쇠가 많이 일어나 지표아래 심부까지의 탐사가 불가능하며, 대략 30m 정도가 한계 심도라고 알려져 있다. 특히 전하를 저장할 수 있는 물질의 능력인 유전상수(dielectric constant)가 매질이 다른 경계면에서 전자기파는 반사되고 강도 또한 달라지므로 이를 검측, 분석함으로써 다른 매질간의 경계면 두께, 공동의 존재 여부, 위치와 심도측정을 할 수 있다(문두열 등, 2002).

4. 실험모형구성 및 예비탐측

지하시설물에 대한 실제 심도관측에서 매설된 관의 종류나 매설 재료에 따른 보정값을 획득하는 것은 상당히 중요하다. 따라서 그림 2와 같은 현장실험모형을 구성하여 금속관로, 비금속관로 등을 매설하였다. 실험부지 조성은 첫째 탐사 대상체의 모양을 단순히 하고, 둘째 탐사 부지내의 매질 조성은 일정하여야 하며, 셋째 지표는 최대한 수평을 유지하였다. 마지막으로 탐사 부지에 접근이 용이하고, 지속적인 유지가 가능하도록 하였다. 현장실험모형은 길이 45m, 너비 2.0m로 하여 굴착한 후 여러 종류의 관을 매설하고, 매설물에서 반사된 신호를 잘 수신하기 위해 잡음이 잘 일어나지 않으며 전파의 전달이 용이한 균질한 일반 토사를 포설하여 현장실험모형을 구성하였다.

그림 1과 같이 총 5개의 관을 매설하였는데 현장에서

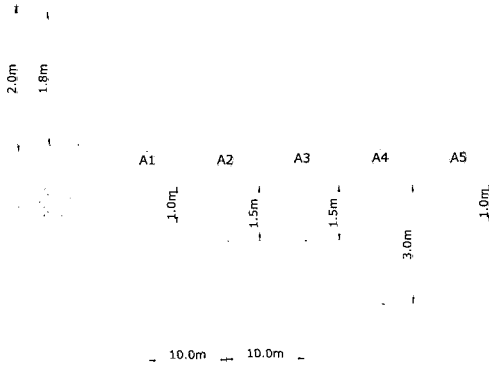


그림 1. 지하시설물의 배치

표 1. 지하시설물의 형태와 크기

| | Test 1 | Test 2 | Test 3 | Test 4 | Test 5 |
|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| 직 경 | 800mm | 800mm | 450mm | 300mm | 200mm |
| 길 이 | 180cm | 180cm | 180cm | 180cm | 180cm |
| 관 중 | 파형강관 | 파형강관 | 흙관 | 파형강관 | 주철관 |
| 매설심도 | 1.0m | 1.5m | 1.5m | 3m | 1m |
| 지표재료 | 일반토사 | 일반토사 | 아스팔트/ 일반토사 | 일반토사 | 일반토사 |
| 사용 주파수 | 225Hz | 225Hz | 225, 450Hz | 225Hz | 225Hz |

구하기 쉬운 파형강관과 흙관 그리고 주철관을 매설하였으며, 표 1에 매설물의 크기와 형상을 나타내었다. 본 모형 탐사에 사용된 총 5개의 관중 3개의 관은 파형 강관으로서 직경이 최소 300mm~최대 800mm로서 비교적 탐사결과를 쉽게 획득할 수 있으며, 매설 심도를 1~3m로 각기 달리하여 매설하여 매설 심도에 따른 정확도 차이를 비교할 수 있게 하였다. 나머지 2개의 관은 흙관과 주철관을 매설하였다. 흙관은 주로 하수도관에 이용되고, 주철관은 상수도관에 이용되기 때문에 적용하였고, 일정량의 물이 흐르도록 하여 탐사를 하였다. 또한 균질한 흙이 실제 현장에서 많이 이용하는 흙이어서 소형진동 다짐기로 지표다짐작업을 실시하였다. 또한 지표 매질에 따른 정확도를 파악하기 위해서 일반토사와 아스팔트에 대해 실험하였다.

4.1 현장탐사와 관측장비

관측과정은 기초재료인 흙의 재질과 포장재료를 변화시키며 전자유도측량기법과 지중레이다(GPR) 측량기법을 이용하였고, 지중레이다 방식의 pulseEKKO 1000는 탐사 심도에 따라 225MHz, 450MHz의 중심주파수를 갖는 쌍

극자안테나를 교환하여 사용하였으며, 전자유도 방식의 DETECTON은 간접법으로 관측하였다. 지중레이다에서 송수신 안테나 사이의 간격 및 배열방향, 안테나와 지면의 접촉 등의 변화가 탐사결과에 크게 영향을 미치므로, 좋은 자료를 얻기 위해서는 이들 조건의 정확한 적용이 필요하다. 따라서 GPR 현장탐사는 그림 2와 같이 0.5m간격으로 나란히 배열된 송수신안테나 및 수신 안테나를 지면에 밀착하여 매설관에 수직한 방향으로 탐사측선을 유지하며 탐

표 2. 관측 장비의 특성

| 모 델 명 | 특 성 |
|--------------------|---|
| pulseEKKO™ 1000 | <ul style="list-style-type: none"> • 조작과 운용에 전문 기술이 불필요 • 안테나 : 225, 450, 900MHz • 원격제어 가능 |
| DETECTON | <ul style="list-style-type: none"> • 금속관, 전기, 전화 케이블 위치결정 • 6m 심도 측정가능 • 비금속관 추적 가능 |

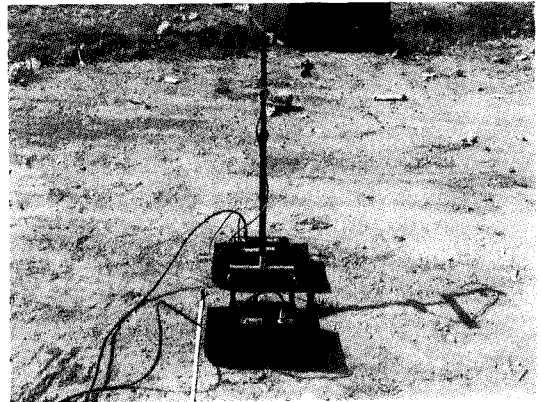


그림 2. GPR 탐사



그림 3. DETECTON 탐사

시간격을 조정하면서 수행하였다.

그림 3은 전자유도 방식의 DETECTON으로서 간접법에 의한 관측을 보여주고 있다. 직접법은 관에 직접 접지를 연결하여 측정할 수 있고, 간접법은 관의 직각 방향으로 탐사할 수 있다. 본 현장실험에서는 실제 관측을 고려하여 관측시간을 빠른 간접법의 최대법(Peak)과 최소법(Null)으로 관측되었다.

4.2 매설심도 분석

GPR 탐사는 225MHz의 안테나를 이용하여 시간에 따른 감쇠를 보정하고, 관측회수는 총 10회로 하였다. 매질의 상대투자율은 강성체를 제외하고 보통의 유전체에서 1이며, 상대유전율의 차이에 의해 상부매질과 하부매질의 경계, 즉 지층의 경계면에서 반사가 일어난다. 따라서, 이들 경계면에서 반사되는 형태에 따라서 심도와 관의 종류를 파악할 수 있다. 그림 4는 매설심도에 따른 정확한 관측 차이값을 파악하기 위해서 동일한 재료로 심도가 1.0m, 1.5m, 및 3.0m에 매설된 세 관에 대해서 분석한 결과를 나타낸 것이다.

매질에 따른 분석에서는 동일한 심도로 매설된 동일한

관에 대해 포장재료를 달리하여 분석하였다. 일반토사로 매설한 지역은 다짐도를 90%로 하여 탐사되었고, 아스팔트로 매설된 지역은 다짐도를 95%로 하였다.

그림 5는 포장재료와 다짐도를 달리하여 매설심도를 분석한 것으로서, GPR탐사법에서는 다짐도에 따라 0.02m의 차이를 나타내었고, 전자유도탐사법의 최대법에서는 0.03m, 최소법에서는 0.02m의 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 2~3cm의 차이로서 포장재료나 다짐도가 매설심도에 미치는 영향이 미소하다고 볼수있다. 또한 매설심도를 1.5m로 동일하게 하고 관측함에 있어 GPR탐사법이 전자유도탐사법보다 더 정확하게 탐사됨을 알 수 있었다.

관내 유수의 유무에 따른 분석 즉, 물이 흐르는 상태와 흐르지 않은 경우에 대해 분석하기 위해서 매설심도 3.0m 및 1.0m 지점에 각각 파형강관과 주철관을 매설하여 탐사하였다. 관내의 물은 관의 양지점을 막고 관 중앙에 연결된 호스를 통하여 물을 가득 채운후에 관측되었다.

그림 6은 관내 유수에 따른 분석으로써, 매설심도에 관계없이 물이 흐르고 있을 때 탐사 정확도가 높게 나타났고, 물이 흐르며 매설심도가 깊을수록 탐사의 정확도는 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 관내에 물이 많을수록 반사쌍곡선의

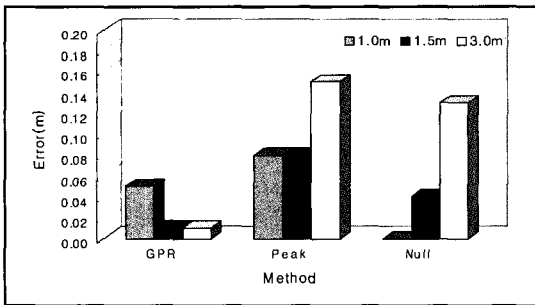


그림 4. 매설심도에 따른 정확도 분석

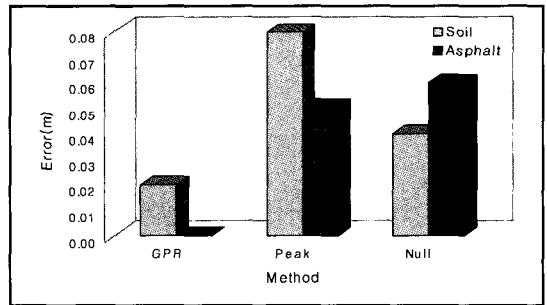


그림 5. 포장재료별 매설심도의 정확도 분석

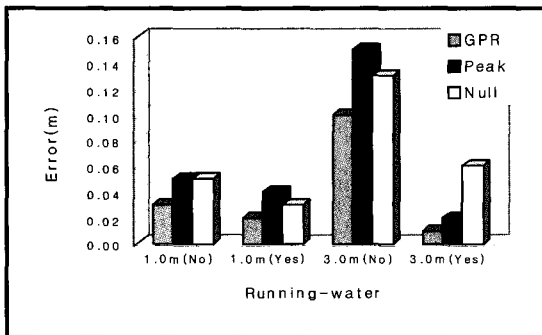


그림 6. 관내 유수 흐름 유무에 따른 매설심도의 표준오차

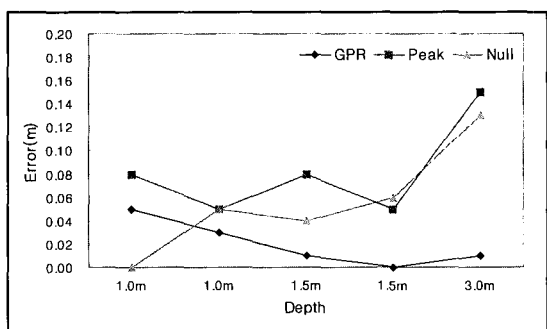


그림 7. GPR와 DETECTON의 심도탐사 정확도 비교

구별이 쉬웠으며, 관내에 형성된 수면에 의한 반사도 확인되었다. 따라서, 지하에 매설된 관에 대한 정보를 사전에 알고 있고, 전파매질, 매설관 및 매설관내의 물질과 유전율의 차이가 커서 양질의 신호를 얻을 수 있는 경우에 관내의 유수 유무의 상황을 미리 예측할 수 있다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 두 관측방법을 비교한 것으로써, GPR탐사법은 매설심도가 1.5m와 3.0m일 때 1.0m심도보다 더 정확하게 나타남을 알 수 있지만, 이는 동일한 주파수를 사용하였기 때문에 225MHz보다 더 높은 고주파 안테나를 사용하면 정확도를 높일 수 있다. 그러나 최대법과 최소법으로 관측된 전자유도 탐사법은 매설심도가 깊을수록 오차가 크게 발생하였으며, 최대법과 최소법은 비슷한 결과를 보이고 있다.

5. 적용 실험

5.1 기준점 측량 및 지하시설물 측량

연구대상지역은 시간과 인력, 비용적 측면을 고려하였을 뿐만 아니라 RTK-GPS를 이용한 지하시설물 측량에 용이하고, 관리가 양호한 그림 8과 같은 경남 양산시 일부 지역

표 3. GPS 관측장비의 제원

| 채널 수 | 12 채널 |
|---------|---|
| 정확도 | static : 5mm+1ppm |
| | rapid static : 5mm+1ppm |
| | stop and go kinematic : 20mm+1ppm |
| | DGPS : 1m(rms) |
| RTK 정확도 | 측점 : 수평 1cm, 수직 1.7cm 방위각 : 0, 15+15분/기선길이(km) |



그림 8. 연구대상지역

을 선정하였다.

관측 장비로는 L1/L2 C/A-code와 P-code 및 반송파 위상을 수신할 수 있는 SOKKIA사의 장비를 사용하여 RTK-GPS 기법을 이용하였다.

시설물 기준점은 지하시설물 작업규정에 따라 그림 8에서와 같이 연구대상지역에 2점(CP1, CP2)을 설치하였으며, 사용된 기준점의 좌표는 그림 9와 같이 삼각점 3점과 수준점 1점으로 망을 구성하고 GPS로 관측하여 획득하였다.

시설물 기준점인 CP1과 CP2는 연구대상지역의 블록에서 가장 높은 두 건물 옥상을 선택하여 RTK-GPS 측량에 유리하도록 하였다. 또한 시설물 기준점을 이용한 지하시설물의 위치측량은 관측이 신속하고 위치정확도가 높은 RTK-GPS와 TS를 이용하였다. 특히 RTK-GPS 관측성과

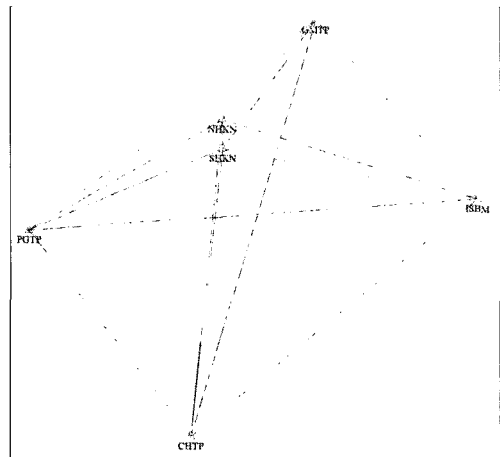


그림 9. GPS 관측망

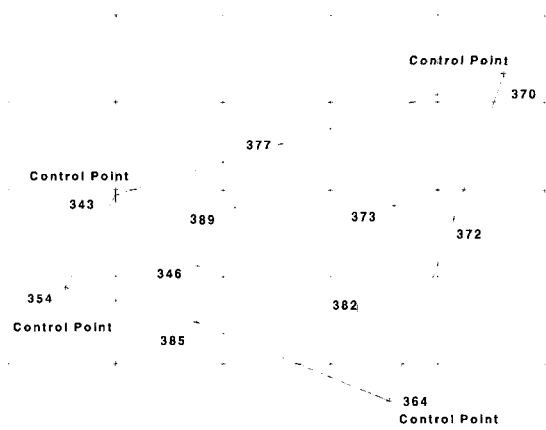


그림 10. 지적 도근점 위치도

표 4. 좌표변환계수

| 평행이동 | 값(m) | 회전값 | 값(second) |
|------------|-------------|----------|-----------|
| ΔX | -326.7180 | ω | 7.06 " |
| ΔY | 312.5780 | ϕ | 9.55 " |
| ΔZ | 657.5500 | κ | 3.22 " |
| 축척계수 | 0.999997759 | | |

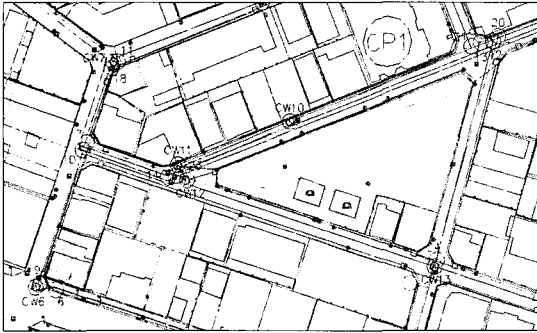


그림 11. 수치지도와 상·하수관로의 중첩

를 수치지도에 맞는 지도좌표로 변환하기 위해 그림 10과 같이 지적 도근점에 대한 측량을 실시하여 좌표변환계수를 산출하였다(표 4 참조). RTK-GPS 측량이 불가능한 지역은 TS를 이용하여 보완측량을 실시하여 평면위치를 결정하였다.

이들 관측방법을 이용하여 대상지역의 상·하수관로 위치를 콘트롤러와 전자야장에 기록함으로써 지하시설물에 대한 3차원 좌표를 획득할 수 있었다. 지하시설물의 탐사와 속성정보 조사는 탐사 지점별로 수행되었으며, 속성정보는 관련기관의 협조를 얻어 획득된 자료를 기초로 조사되었고, 기초 자료와 다른 부분은 정밀조사를 거쳐 재수정되었다.

그림 11은 RTK-GPS로 관측된 상·하수관로와 수치지도를 중첩한 것으로 상·하수 관로와 집수정을 확연하게 하기 위해 전체 대상지의 일부 지역을 확대하여 표시한 것이다.

5.2 지하시설물의 위치 정확도 분석

일반적인 지거측량에 의한 지하시설물 위치탐사방법은 작업이 간단하고 경제적인 방법이지만 자료 누락이나 이기 오차가 발생될 수 있는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 GPS 측량에 의한 시설물 기준점을 결정한 후 RTK-GPS 방법으로 지하시설물의 위치를 결정하였으며, 콘트롤러에

입력된 좌표를 직접 컴퓨터와 연결하여 자동편집하였다.

그림 12는 RTK-GPS에 의한 지하시설물 측량의 좌표와 기존자료의 좌표에 대한 평균제곱근오차를 구한 결과이다. 이 기존자료는 해당 지자체에서 취득한 것이며 지거측량에 의한 방법이었다. RTK-GPS 측량에 의한 좌표를 최확값으로 가정 하였을 때 상수 관로에서는 X, Y 좌표에서 $\pm 0.42m$, $\pm 0.48m$, 집수정에서는 X, Y에 동일한 $\pm 0.14m$, 하수관로에서는 X $\pm 0.49m$, Y $\pm 0.55m$ 로 나타났다.

아래 표 5는 상·하수관로와 집수정에 대해 RTK-GPS

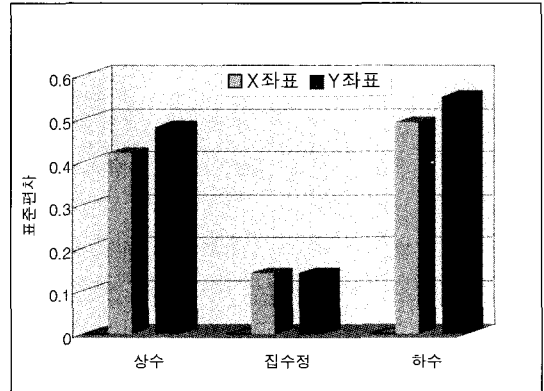


그림 12. 상·하수관로와 집수정의 평균제곱근 오차

표 5. 상·하수관로와 집수정(CW)의 좌표값

| 번호 | RTK-GPS | | 지거법 | | (RTK-GPS) - (지거법) | |
|---------|------------|------------|------------|------------|-------------------|--------|
| | X | Y | X | Y | X | Y |
| 상수-1 | 203666.506 | 205733.568 | 203666.245 | 205733.051 | 0.261 | 0.517 |
| 상수-2 | 203634.266 | 205618.347 | 203634.885 | 205618.954 | -0.619 | -0.607 |
| 상수-24 | 203477.236 | 205480.422 | 203477.642 | 205480.206 | -0.406 | 0.216 |
| 상수-25 | 203527.201 | 205464.414 | 203527.894 | 205464.939 | -0.693 | -0.525 |
| 평균제곱근오차 | | | | | 0.489 | 0.550 |
| CW1 | 203575.147 | 205642.174 | 203575.210 | 205642.004 | -0.063 | 0.170 |
| CW2 | 203543.131 | 205524.971 | 203543.248 | 205524.851 | -0.117 | 0.120 |
| CW12 | 203380.717 | 205511.028 | 203380.601 | 205511.131 | 0.116 | -0.103 |
| CW13 | 203477.195 | 205478.133 | 203477.036 | 205478.330 | 0.160 | -0.197 |
| 평균제곱근오차 | | | | | 0.140 | 0.141 |
| 하수-1 | 203590.531 | 205693.668 | 203590.491 | 205693.211 | 0.040 | 0.457 |
| 하수-2 | 203559.097 | 205584.173 | 203559.124 | 205584.552 | -0.028 | -0.379 |
| 하수-3 | 203505.020 | 205392.003 | 203505.035 | 205392.384 | -0.015 | -0.381 |
| 하수-13 | 203491.533 | 205561.716 | 203491.852 | 205561.521 | -0.319 | 0.195 |
| 하수-14 | 203373.227 | 205512.044 | 203373.792 | 205512.528 | -0.564 | -0.484 |
| 평균제곱근오차 | | | | | 0.420 | 0.481 |

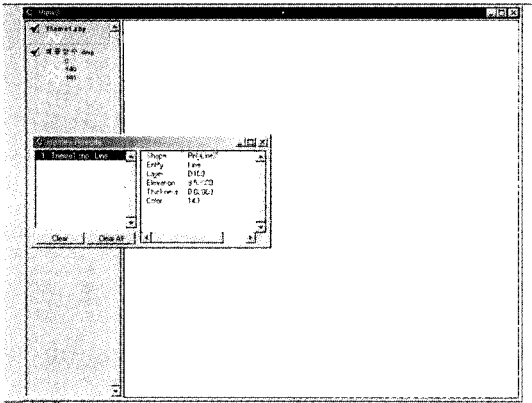


그림 13. ArcView을 이용한 상수관로 분석

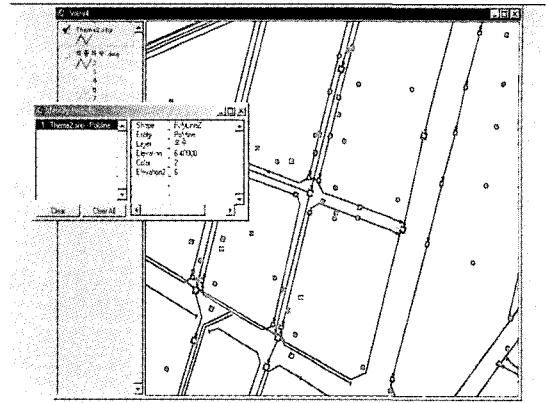


그림 14. ArcView을 이용한 하수관로 분석

와 지거법으로 획득한 좌표의 일부를 표기한 것이다.

따라서, 시설물기준점과 도근점을 이용한 RTK-GPS 측량에 의한 지하시설물의 평면위치측량을 수행한 결과, 표준제곱근오차가 0.55m이하로 지거법보다 상대적으로 높은 정확도로 위치를 결정할 수 있었다. 그리고 지하매설물에 대해 RTK-GPS로 획득한 x, y, z의 3차원 좌표값과 실제 심도 관측으로 얻은 매설 심도를 GIS DB 구축 자료로 활용하였다. 활용 예는 다음 그림과 같이 시각화하였다.

그림 13과 그림 14에서와 같이 ArcView를 이용한 속성 정보 검색까지 가능하도록 하였다.

6. 결 과

본 연구는 RTK-GPS를 이용한 지하시설물 탐사 정확도 평가에 관한 연구로서 현장탐사모형을 구성하여 지중탐사법과 전자유도탐사법에 대한 조건별 탐사 정확도를 평가하였고, 시설물기준점을 설치하여 RTK-GPS측량 및 지거측량에 의한 지하시설물 위치에 대한 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현장실험을 통해 동일한 재료로 매설된 관로 심도별로 분석한 결과, GPR탐사법은 비슷한 정확도로 관측되었지만, 전자유도탐사법은 매설심도가 깊을수록 최대 0.16m의 평균오차를 보여주고 있었고, 포장재로 다짐별로는 GPR탐사법에서는 0.02m의 차이, 전자유도탐사법에서는 0.03m의 차이를 알 수 있었다.

2. 관내 유수의 유무에 따라 파형강관과 주철관을 매설하여 탐사한 결과, 매설심도에 관계없이 물이 흐르고 있을 때 탐사 정확도가 높게 나타났고, 매설심도별 분석에서 GPR은 동일한 주파수를 이용했을 때 매설심도가 낮을수

록 정확도가 높지만은 않았다.

3. 지적 도근점을 시설물 기준점으로 이용하는 RTK-GPS 측량에서 지하시설물의 위치는 일반적인 지거측량의 정확도에 비해 0.55m이하의 표준제곱근오차를 나타내었기 때문에 현장에 적용할 수 있음을 알 수 있었고, 불합리한 작업공정을 줄일 수 있었다.

지하 매설물 위치 정보 획득에서 실시간으로 위치 정보를 획득할 수 있는 RTK-GPS와 GPR, 전자유도탐사법으로 측정하였다. 이 정보를 바탕으로 ArcView을 이용하여 위치정보와 속성정보의 DB구축 및 시각화를 도모함으로써 효율적인 시설물 관리 시스템을 구축하였다.

참고문헌

- 건설교통부 (1998), "지하시설물도 작성작업규칙".
 국토지리정보원 (1998), "지하시설물도 작성 세부지침".
 문두열, 이용희, 신병철 (2002), "GPR의 매설물 검출능력 측정에 관한 연구", 한국측량학회지, 제20권 제1호, pp. 77-84.
 이강원 (1995), "지하시설물 조사 실무 효율화 방안", 한국지형공간정보학회 GSIS Tutorial 자료집, pp. 159-182.
 이재기 (1997), 조재호, 이재동, 박경열, "지하매설물 측량의 정화도", 한국지형공간정보학회 학술발표회, pp. 45-55.
 (주)캐드랜드 (1994), "ARC/INFO DATABASE DESIGN".
 최석근 (2001), "지하시설물 D/B 구축과 활용", 대한측량협회 측량 및 GIS 기술연수, pp. 180-208.
 최석근외 2명 (1998), "실시간 지하시설물도 데이터베이스 구축을 위한 자료변환 프로그램 개발", 한국측지학회지, 제16권 제2호, pp. 159-168.
 Jouko H. Saastamoinen (1979), "Urban Surveying and Mapping", Springer Verlag, New York Inc. pp. 221-234.

(접수일 2003. 7. 21, 심사일 2003. 8. 12, 심사완료일 2003. 9. 25)