

지하시설물도의 품질 향상 방안 연구 The Study for the Quality Improvement of Underground Utility Map

이현직* · 박은관** · 박원일***

Lee, Hyun Jik · Park, Eun Gwan · Park, Won Il

요 旨

기 제작된 지하시설물도의 정확도를 분석한 결과 오류 유형을 도형정보의 위치오류와 속성정보의 오류 두 가지로 구분지을 수 있었으며, 도형정보의 위치오류는 지하시설물의 탐사와 위치측량과정에서, 속성정보의 오류는 자료의 입력과정에서 주로 발생하고 있었다. 본 연구에서는 실험을 통하여 탐사정확도와 위치측량정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였고, 공정개선을 통한 속성오류의 감소방안을 제시하였다.

ABSTRACT

As the result of the analysis of the underground utility map made before, we could have divided the kind of errors into the two types, position error of geometric data and attribute error and knew the fact that mainly position error is derived from the process of detecting and surveying the underground utility, and attribute is inputting data. In this study we showed the way improving accuracy in detecting and surveying underground utility by field test, and the way to reduce attribute error by process refinement.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지하시설물은 지하에 매설되어 있음으로 인하여 측량에 난해함이 있고, 이 측량성과를 이용하여 지도를 제작하는 과정에서 오류를 발생시킬 수 있으므로 이를 최소화하는 것은 GIS 사업추진과정상의 해결하여야 할 과제 중 하나이다.

지하시설물의 위치를 정확하게 측량하기 위해서는 시설물주변을 직접 굴착하고 측량장비를 이용하여 지하시설물의 위치를 측량하는 것이 가장 정확한 방법이라 하겠으나 이는 현실적으로 불가능하므로 지하시설물의 탐사는 탐사장비를 이용한 간접적인 방법을 이용하고 있다.

그리고 지하시설물의 위치를 도상에 기록하기 위한 방

법으로 탐사장비에 의해 관측된 위치를 지거법에 의해 측량하고 있으므로 현황도 자체의 오차와 실측오차, 이 기과정 및 전산입력과정에서의 오차발생 가능성으로 인하여 비교적 큰 오차범위를 가질 수 밖에 없다.

따라서, 본 연구에서는 현재의 지하시설물도 제작 공정 분석을 통하여 속성오차를 최소화하기 위한 작업공정을 정립하고, 지하시설물의 탐사정확도를 높이기 위한 최적의 전자유도 탐사법의 도출과, 시설물 기준점을 이용한 지하시설물 측량의 위치정확도 향상방안을 제시함으로써 지하시설물도의 품질을 향상시키는데 목적이 있다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구의 대상물은 원주시 지하시설물도 전산화사업의 수행대상이었던 상수관로와 하수관로로 한정하였다.

연구수행을 위하여 먼저 공정개선전인 1998년과 1999년에 제작된 지하시설물도에 대한 오류 유형을 분석하였다. 분석결과 지하시설물도의 오류유형은 크게 속성오류와 위치오류로 분류할 수 있었으며, 속성오류는 주로 자

*상지대학교 토목공학과 부교수

** (주)미래기술단 GIS연구소장(공학석사)

*** (주)미래기술단 대표이사(공학석사)

료의 입력과정에서 발생하고, 위치오류는 주로 시설물의 탐사와 위치 측량 과정에서 발생하는 것으로 파악되었다.

따라서, 본 연구에서는 속성오류를 최소화하기 위한 최적작업공정의 도출을 위해 지하시설물측량 관련 법규 및 규정과 원주시 지하시설물도전산화사업 수행과정에 적용한 작업공정과 검수과정을 조사하고 공공측량성과심사 결과를 비교분석하였다.

또한, 위치오류는 현장실험을 통하여 탐사정확도와 위치측량정확도를 향상시키고자 하였다. 탐사정확도 향상을 위하여 현재 지하시설물 탐사에 주로 이용되고 있는 전자유도탐사장비의 탐사정확도를 분석함으로써 최적의 탐사방법을 제안하고자 하였다. 이 실험을 위하여 원주시 우산동 상지대학교내에 Test-Field를 설치하고 탐사장비별 평면위치와 심도를 측량하였으며 실제 현장관측을 위하여 원주시 우산동 지역의 상수관로 매설 지점 세 곳을 선정하여 장비에 의한 측량결과와 굴착하여 확인한 평면위치와 심도를 비교하였다.

본 연구의 위치측량정확도 향상방안 연구에서는 원주시 단계동 평원초교가 위치한 지역(814번지일대)을 대상으로 시설물기준점(도시기준점)을 선정하고 GPS를 이용하여 도시기준점의 3차원절대좌표를 결정하였으며, TOTAL STATION를 이용하여 탐사점의 절대측량을 수행함으로써 지하시설물 도면자료를 생성하고 지거법에 의한 측량성과와 비교분석하였다. 본 연구의 주요 추진 과정은 그림 1과 같다.

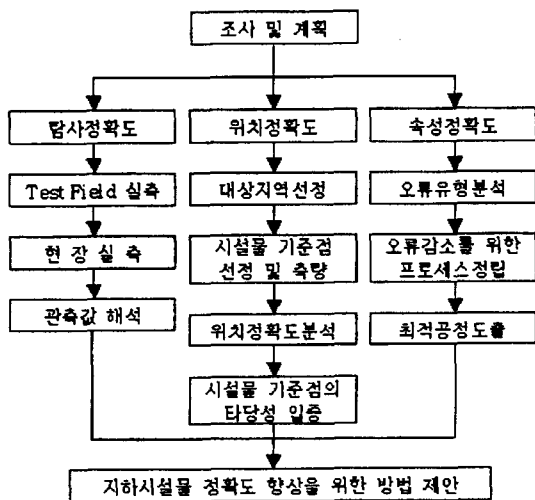


그림 1. 지하시설물도의 품질향상방안 연구추진 흐름도

2. 오류 유형분석을 통한 최적 작업공정 결정

Deming은 품질문제의 80%는 작업과정상에 있으며, 오직 20%만이 개개인의 작업능력과 관련된다고 규정함에 따라 80%의 오류는 작업공정을 개선함으로써 제거될 수 있다고 하였다.

지하시설물도의 제작은 측량과 입력, 구조화파일의 제작 등 여러과정을 거쳐 이루어지며 각 과정에서 여러 형태의 오류가 포함된다. 본 절에서는 이러한 오류 유형에 대한 분석을 통하여 그 원인을 밝히고 오류를 최소화할 수 있는 작업공정을 도출하였다.

2.1 개선전의 작업공정

지하시설물도전산화사업의 초기에는 작업공정의 모호함과 관련 규정 및 법규의 미비에 의해 많은 오류가 발생하였다. 이와같은 오류발생의 원인은 여러가지가 있으나 작업공정이 세밀하게 짜여져 있지 않음으로써 철저한 공정관리를 기하지 못한 것에 기인한 바 크다. 그림 2는 개선전의 지하시설물도 작업공정으로 공정별 데이터의 검수 과정이 부실함을 알 수 있다.

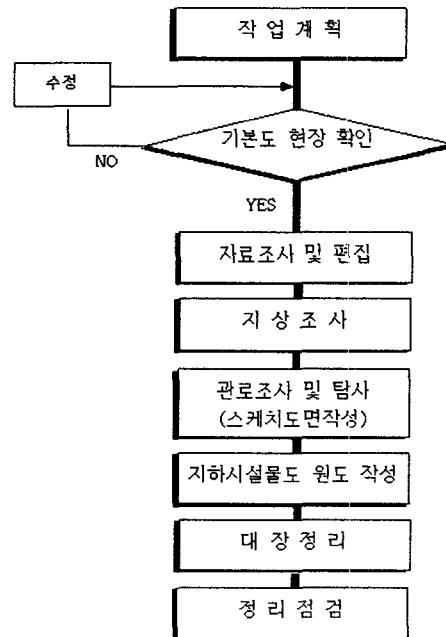


그림 2. 개선전 지하시설물도 작업공정

2.2 오류의 유형분석

2.2.1 오류의 유형

지하시설물도의 오류는 도형정보의 오류와 속성정보의 오류로 대별할 수 있다.

도형정보의 오류는 주로 탐사현장에서 발생하는 경우와 외업의 성과를 정리하는 내업과정에서 발생하며, 속성정보의 오류는 대부분 내업과정에서 발생한다. 표 1은 도형정보의 오류와 속성정보의 오류를 상·하수도에 따라 분류한 것이다.

2.2.2 오류의 원인

도형정보의 오류발생은 극소수의 관로의 오탐과 일부 곡관 부위에서의 탐사오차를 제외하면 대부분 입력과정에서 발생하고 있으며 이는 속성정보의 오류발생 원인과 같은 것이다.

기본적인 오류의 형태는 상수도와 하수도 간의차이가 크지 않다. 과업 초기에 발생하였던 작업 규정의 숙지

미숙에 따른 오류와 입력과정의 작업부주의로 인한 오류가 대부분을 차지하고 있다. 이것은 작업자 개개인의 능력의 문제라기 보다는 작업공정상의 문제로 보아야 한다.

2.3 작업공정의 개선

지하시설물도작성작업규정과 관련된 오류는 내부 작업지침을 별도로 작성하여 숙지함으로써 오류를 감소시켰으며, 작업자의 실수에 의해 발생하고 있는 오류 유형에 대하여는 중복 검수과정을 거침으로써 오류를 감소하도록 하였다. 그림 3은 개선후의 작업공정을 나타낸 것이다.

2.3.1 내부작업지침서의 구비와 교육

본 연구에서는 지하시설물도작성작업규칙 및 세부지침에 기초하여 현장에서의 지하시설물 탐사 및 측량, 입력, DB구축, 검수에 이르는 지하시설물도 작성 전과정에 대한 내부작업지침서를 마련하고 이 지침에 대한 자체교

표 1. 지하시설물도의 주요 오류유형

구분	상수도	하수도
위치오류 및 왜곡	<ul style="list-style-type: none"> - 곡선구간, 교차 분기점, 제어장치 지점에서 위치왜곡이 발생 - 급수관이 직선으로 연결되지 않음 - 통신, 전력관로를 상수관으로 오인하여 탐사 - 탐사 불가능 지역의 정상 탐사 지역처리 	<ul style="list-style-type: none"> - 빗물받이와 우수관의 연결관누락 - 관로 곡선부의 측정 밀도 부족 - 시설물 입력시 필요한 거리 누락 - 하수관BOX의 라인처리 : BOX는 실제의 폭을 측정하여 표기하여야 하나 일반 관로처럼 관 중심선으로 처리한 경우 - 빗물받이가 인도 안쪽 또는 도로 밖으로 조사 및 입력된 경우가 있음.
코드사용 오류	<ul style="list-style-type: none"> - 지하시설물도 수치지도화 사업 관련 규정집에서 정의한 레이어를 사용하지 않음 - 급수관, 배수관 레이어 미구분 	<ul style="list-style-type: none"> - 우수, 오수 맨홀의 심볼이 분류되지 않음 - 하수관로의 우수, 오수관로 구분 누락
인접오류	<ul style="list-style-type: none"> - 인접도엽간의 제원(관경, 재질 등)이 상이 - 관로의 연장이 도곽의 인접에서 각 도엽내의 길이로 각각 입력 	<ul style="list-style-type: none"> - 인접도엽간의 제원(관경, 재질 등)이 상이 - 관로의 연장이 도곽의 인접에서 각 도엽내의 길이로 각각 입력
Node 생성오류	<ul style="list-style-type: none"> - 관로의 분기점 및 합류지점에 Node나 Vertex가 없거나 일치하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> - 분기점에서 관이 분리되어 있지 않음.
시설물 누락	<ul style="list-style-type: none"> - 계량기 및 급수관의 누락 - 관말 심볼의 누락 - 원도 내용의 정위치 파일내 누락 	<ul style="list-style-type: none"> - 원도 내용의 정위치 파일내 누락
시설물 오기	<ul style="list-style-type: none"> - 다른 종류의 상수도 시설물이 제수변 및 맨홀 기호로 표현됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 관경오기 - 맨홀이 빗물받이로 입력
제원누락 및 오기	<ul style="list-style-type: none"> - 원도와 정위치파일 사이에 제원이 일치하지 않음 - 관경 및 심도 누락 	<ul style="list-style-type: none"> - 제원오기(THP→HP) - 관로 규격 오기 - 박스관 제원 표기 형식 오류(1990/BOX 1.5×1.8/L80/D1.8(틀림)→(1990/RC BOX/2@1.5×1.8/L80/D1.8(맞음))
기 타	<ul style="list-style-type: none"> - 제수변 제어방향 오류 	<ul style="list-style-type: none"> - 우수방향 오류 - 우수방향 심볼 누락

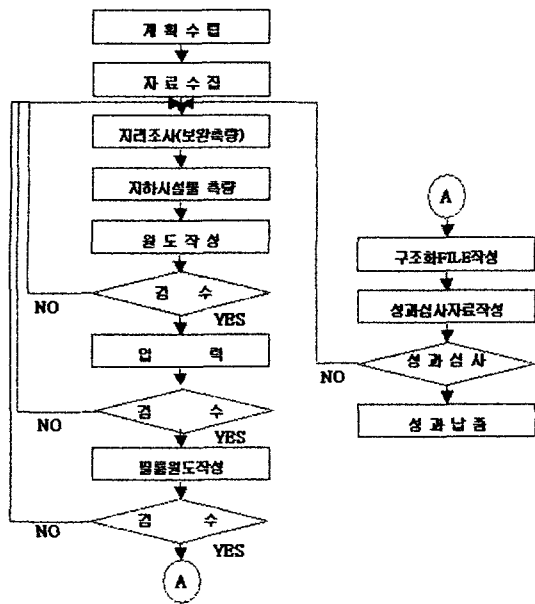


그림 3. 개선후의 작업공정

육을 통하여 규정에 대한 무지로부터 발생하는 오류를 제거하였다.

2.3.2 검수과정의 정립

본 연구에서 제안한 작업공정의 개선전에는 오류를 검색하여 수정하는 공정이 미비하였다. 개선된 작업공정은 3회 이상의 중복 검수과정을 거치도록 하였으며 이를 통해 주로 발생하는 속성오류의 형태인 자료누락 및 오기를 현저히 줄일 수 있었다.

2.3.3 현장 스케치도면의 생략

개선전의 작업공정은 현장에서 작업한 스케치 도면으로 이기도면을 작성하고 다시 이기도면을 전산입력 후 필름원도에 재이기하는 과정을 행하였다. 그 결과 수정 시에는 현장스케치도면, 이기도면, 필름원도를 항상 일치시켜야 하는 부담이 있었으며, 이 작업과정에서 자료누락과 속성정보의 불일치가 많이 발생하였다. 본 연구를 통해 제안한 개선후의 작업공정은 이기도면을 별도로 작성하지 않고 현장에서 기록한 도면을 입력에 이용하도록 함으로써 이러한 오류를 줄일 수 있었다.

2.3.4 데이터화일의 검수 개선

공정개선이후에도 다수 발생한 Node오류는 출력하여 검수하는 방식으로는 이루어질 수 없으며 매패용프로그램내에서 직접 오류여부를 확인하여야 한다.

현행의 방식은 입력자가 스스로 자신이 작업한 화일에 대해 검수를 하고 있으나 본인 이외의 별도의 검수자를 선정하여 검수과정을 이행하도록 함으로써 Node오류를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2.3.5 분할검수의 시행

현행 검수는 모든 속성정보를 한 장의 도면에 출력하여 검수하는 방식으로 이루어지고 있다.

그러나, 다양한 속성정보를 한번에 검수하는 것은 무리가 있으므로 검수용 도면에 속성정보를 분리출력하여 검수함으로써 검수과정에서 발생하는 오류를 줄일 수 있을 것이라 판단된다.

2.4 작업공정개선 전·후의 결과분석

공정개선전·후의 비교는 대한측량협회의 원주시 지

표 3. 공정개선 전·후의 오류발생율 비교(상수도)

구분	공정 개선전			공정개선후		
	오류종류	오류수	오류종류별(%)	오류발생율	오류수	오류종류별(%)
코드사용오류	14	2.3	0.4	19	9.3	0.7
인접오류	35	5.8	0.9	15	7.3	0.5
NODE오류	30	5.0	0.7	102	49.8	3.6
시설물 누락	47	7.8	1.2	9	4.4	0.3
시설물 오기	29	4.8	0.7	2	1.0	0.1
시설물위치오류	303	50.6	7.4	16	7.8	0.6
제원누락 및 오기	112	18.7	2.8	42	20.5	1.5
기타	29	4.8	0.7	0	0.0	0.0
오류총계	599		14.7	205		7.2
시설물 총계	4,083			2,844		
정확도(%)		85.3			92.8	

표 3. 공정개선 전·후의 오류발생률 비교(하수도)

구 분	공정 개선전			공정개선후		
	오류종류	오류수	오류종류별(%)	오류수	오류종류별(%)	오류발생률
코드사용오류	42	4.1	0.8	3	2.1	0.1
인접오류	37	3.6	0.7	6	4.1	0.3
NODE오류	17	1.6	0.3	20	13.7	0.8
시설물 누락	129	12.5	2.3	9	6.2	0.4
시설물 오기	43	4.2	0.8	19	13.0	0.8
시설물위치오류	416	40.2	7.4	68	46.6	2.8
제원누락 및 오기	321	31.0	5.7	17	11.6	0.7
입력방향 오류	1	0.1	0.0	0	0.0	0.0
기 타	30	2.9	0.5	4	2.7	0.2
오류총계	1,036		18.4	146		6.1
시설물 총계	5,641			2,397		
정확도(%)	81.6			93.9		

하시설물도전산화사업 성과심사결과를 통해 분석하였다.

분석결과 주요 오류 유형인 시설물 위치오류와 시설물 누락 및 오기는 크게 감소하였으나, 개선이후 보이고 있는 Node오류 발생률의 증가는 개선전과 개선후의 공공측량성과심사시 Node오류에 대한 검수관점의 변화에 기인한 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안한 작업 공정개선에 따른 상하수도의 오류발생률은 표 2, 및 표 3과 같다.

표 2 및 3에 나타낸바와 같이 상수도의 경우 공정개선전의 오류발생률은 14.7%에 이르렀으나 개선후 7.2%로 감소하였으며, 하수도는 오류발생률이 공정개선전

18.4%에서 개선후 6.1%로 감소하여 그림 4 및 그림 5에서 보는바와 같이 평균 오류발생률이 16.5%에서 6.6%로 줄어들었음을 알 수 있었다.

3. 탐사정확도 향상

3.1 탐사 정확도 규정 및 사용장비

탐사정확도에 대하여 지하시설물도작성작업규칙 10조 3항과 지하시설물도작성세부지침 13조 1항에 탐사오차의 허용범위를 정하고 있다.

이와같은 탐사오차의 허용범위는 지하시설물도작성세부지침 제12조 1항에서 정하고 있는 사용장비의 성능기준과 같다. 표 4는 탐사오차의 허용범위를 나타낸 것이다.

본 연구에 사용된 탐사장비는 영국 Radio Detection사의 RD400PXL2와 RD433HCT-X2, 일본 Fuji Tecom사의 PL960, 일본 Takachiho사의 MPL-H7LE이며 사용방법이나 측정가능심도, 정확도 등에서 큰 차이를 보이지는 않았다.

3.2 Test-Field 선정 및 관측

본 연구에서는 탐사장비의 탐사오차만을 측정할 수 있도록 실험대상지역으로 전력이나 통신 등 탐사장비에 영향을 줄 수 있는 지하시설물이 매설되어 있지 않은 강원도 원주시 우산동 660번지 상지대학교내의 신축건물 예정부지로 선정하였다.

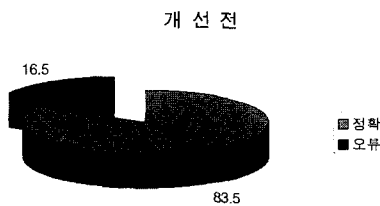


그림 4. 공정 개선전의 오류비율

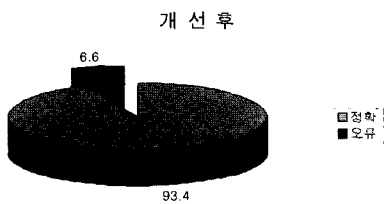


그림 5. 공정 개선후의 오류비율

표 4. 탐사오차의 허용범위

대상물	탐사오차 허용범위		
	평면위치	깊이	매설깊이
금속관로	±20 cm	±30 cm	3 m이하
	±20 cm 또는 매설깊이의 20%이내	±30 cm 또는 매설깊이의 20%이내	3 m이상
비금속관로 (D100 mm이상)	±20 cm	±40 cm	3 m이하
	±20 cm 또는 매설깊이의 20%이내	±40 cm 또는 매설깊이의 20%이내	3 m이상

대상지역에 폭 0.5 m, 연장 14.0 m 깊이 1.0 m로 땅을 굴착하고 관경 15 mm, 연장 13.0 m의 금속관을 매설하였으며, 심도를 0.5 m, 1.0 m, 1.2 m, 1.5 m로 변화시켜 장비별 평면위치와 심도를 측정하였으며, 측정방법은 직접법, 최대법, 최소법을 사용하였다.

본 연구의 탐사정확도 분석결과 그림 6에 나타난 바와 같이 같이 직접법의 최대법 적용시 매설깊이에 따른 장비간의 평면위치측량성차가 실제 위치에서 최대 10 cm까지의 오차를 보였다.

또한, 심도측량결과는 MPL-H7LE의 주파수 9.5 KHz의 경우만이 허용오차범위를 크게 벗어나는 수치를 보여주었고, 그 외의 경우는 모두 허용오차범위를 충족시키고 있음을 알 수 있었다.

최소법을 적용하여 측량한 결과는 방해가 되는 주변환경요인이 거의 없음에도 불구하고 오차가 매우 크게 나타남에 따라 최소법은 관로위치의 정밀 측량에 이용하기는 어렵고 관로위치의 신속한 추정에서의 이용은 가능함을

알 수 있었다.

3.3 실제 현장에 적용한 탐사정확도

본 연구에서는 실제 현장에서의 탐사방법별 탐사정확도를 비교분석하기 위해 상수관로가 매설되어 있는 실험 대상지를 표 5와 같이 선정하였다. 표 5에서 나타내고 있는 심도 및 주변여건은 탐사장비로 측정후 굴착하여 확인한 결과이다.

타 지하시설물이 매설되어 있는 3곳의 실제 대상지에 대해 탐사장비 및 방법별 탐사정확도를 분석한 결과, 직접법에 최대법을 적용한 경우 탐사정확도가 가장 높았으

표 5. 실제 현장실험 대상지 특성

실험장소	우산초교	우산1교	옛터가든
관종및관경	DCIP 150 mm	CIP 600 mm	SP 15 mm
심도	1.00 m	1.36 m	1.11 m
주변여건	통신관매설	전력선매설	통신관매설

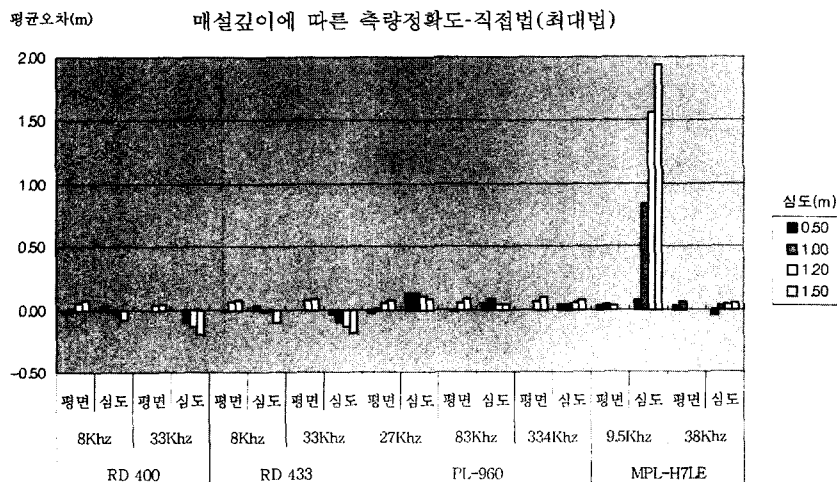


그림 6. 매설깊이에 따른 측량정확도

며 간접법에 최대법 적용하였을 경우에는 직접법의 경우보다 다소 낮은 탐사정확도를 나타내었으나, 모두 탐사정확도규정을 넘지 않아 충분한 효용성을 확인할 수 있었다.

또한, 직접법에 최소법을 적용한 경우는 탐사정확도는 매우 낮았으며 간접법에 최소법을 적용하였을 경우에는 간접법에 최대법을 적용한 경우보다 탐사정확도가 다소 낮게 나타났다.

따라서, 최소법의 적용은 직접법, 간접법 모두 신속한 관로의 평면위치 추정에 효과가 있었으며 정확한 관로의

위치 및 심도의 측량에는 직접법, 간접법 모두 최대법을 적용해야함을 알 수 있었다.

그림 7~10은 3지점의 실측 대상지에 대한 탐사정확도를 나타낸 것으로 실험 결과 주파수간의 탐사물은 뚜렷한 차이가 없음이 밝혀졌다. 옛터가든지역은 비교적 저주파대역의 탐사율이 높았으며, 주파수가 가장 높은 경우인 PL960의 334 KHz는 우산초교 현장에서만 허용오차를 충족하였다.

이와같은 결과는 기 매설된 전력선이나 통신관로가 탐

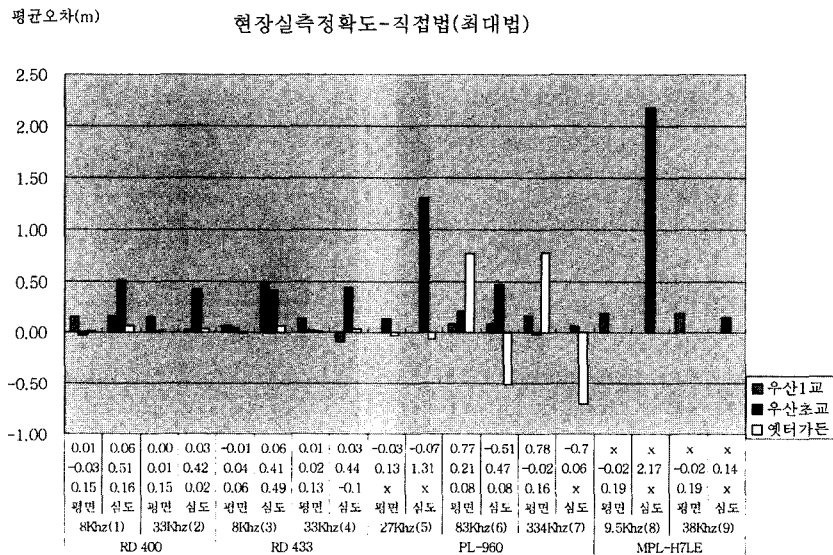


그림 7. 현장실측정확도-직접법(최대법)

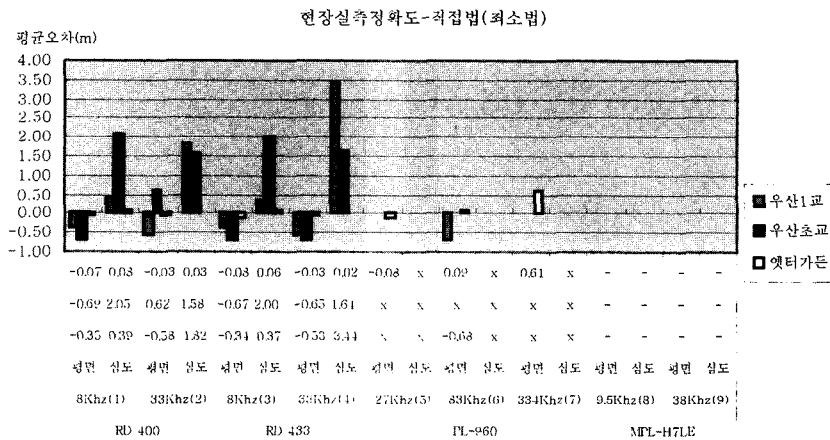


그림 8. 현장실측정확도-직접법(최소법)

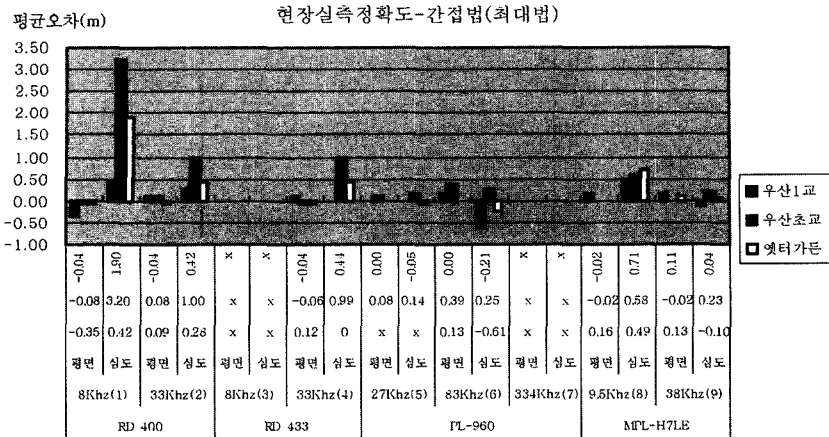


그림 9. 현장실측 정확도-간접법(최대법)

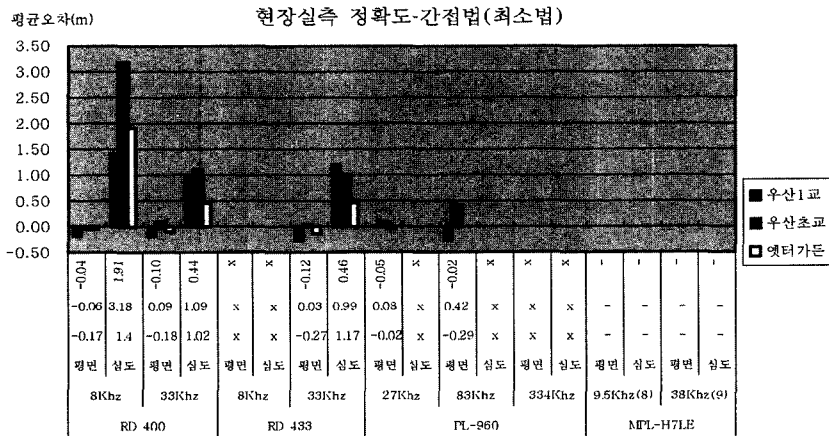


그림 10. 현장실측 정확도-간접법(최소법)

사장비의 일정한 주파수 대역에 영향을 미치는 것이 아니라 탐사지역에 따른 차이임을 의미한다.

이상과 같이 탐사정확도 분석을 위해 탐사방법 및 장비특성에 따른 TEST-FIELD 및 실제 현장실험 결과, 간접법은 심도측량에 있어서 직접법에 비하여 정확도가 다소 떨어지나, 평면위치측량 오차는 크게 차이나지 않았다.

또한, 표 6에 나타난 바와같이 현장실험에 따른 탐사장비간의 탐사방법별 탐사정확도는 허용오차 범위를 충족한 경우가 직접법은 11회, 간접법은 9회로 나타나 접지가 가능한 지역은 오차를 최소화하기 위하여 기본적으로 직접법을 적용하여야 하며 간접법은 접지가 불가능한 지역과 직접법 탐사 결과 타 관로에의 유도가 의심되는 지역에서 직접법과 병행하여 활용하는 것이 관로포착을 높일수 있는 방법임을 알 수 있었다.

표 6. 탐사장비에 따른 탐사방법별 정확도

주파수 장비	우산초교		우산1교		옛터		
	1.00 m		1.36 m		1.11 m		
	직접법	간접법	직접법	간접법	직접법	간접법	
RD400	8	x	x	o	x	o	x
	33	x	x	o	o	o	x
RD433	8	x	x	x	x	o	x
	33	x	x	o	o	o	x
PL960	27	x	o	x	x	o	o
	83	x	x	o	o	x	o
MPL	334	o	x	x	x	x	x
	9.5	x	x	x	x	x	x
소계	38	o	o	x	o	x	o
	계	직접법 : 11회		간접법 : 9회			

4. 시설물기준점을 이용한 지하시설물의 위치정확도 향상

4.1 대상지역선정 기준점 및 지하시설물 측량

탐사된 지하시설물의 위치는 도로경계석으로부터의 거리를 지거법에 의해 줄자로 측정하여, 출력된 수치지도에 수기로 기입한 후 이를 다시 컴퓨터를 이용하여 수치지도상에 입력한다.

직각법, 삼점법 등의 지거법에 의한 간접위치측량은 측량거리에 비례하여 오차가 커지며 또한 입력과정이 2단계로 분리되어 있으므로 각 과정을 거치면서 자료가 누락되거나 오기가 발생하게 된다.

본 연구에서는 이와같이 지거법과 같은 간접측량방법에 의해 발생하는 평면위치오차를 줄이기 위하여 시설물기준점(일명 도시기준점)을 이용한 절대측량의 타당성을 검토하였다.

본 연구에서는 시설물기준점을 이용한 지하시설물의 절대측량에 따른 위치정확도 분석을 위해 그림 11과 같이 연구 대상지역을 선정하였다.

본 연구는 연구대상지역인 원주시 단계동 814번지 일대의 현황을 조사하여 6점의 시설물기준점 위치를 선정하였으며, GPS측량에 의하여 시설물기준점에 대한 3차원절대좌표를 취득하였다.

또한, 연구대상지역에 대해 지하시설물을 탐사한 후, 그 위치를 기존의 평면위치측량방법인 지거법에 의해 지하시설물도를 작성하였으며, 동일한 탐사점에 대해 시설물기준점을 이용한 Total Station을 통해 절대측량을 실

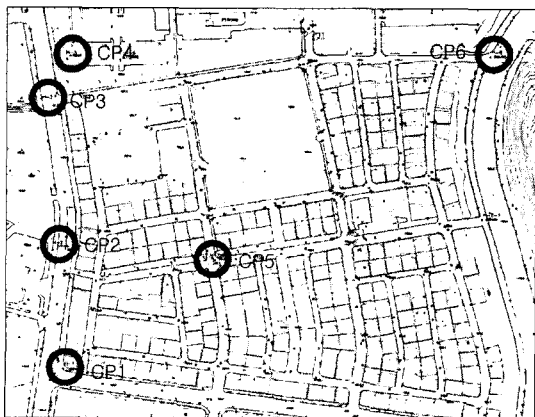


그림 11. 연구대상지역

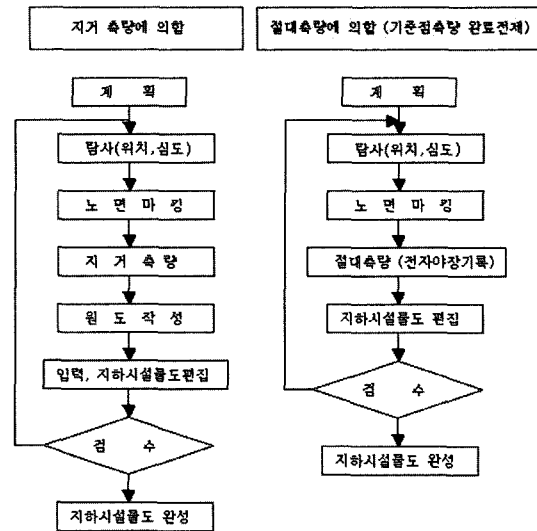


그림 12. 지거측량과 시설물기준점을 이용한 절대측량 과정의 비교

시하여 지하시설물도를 작성하여 서로 비교가 가능하도록 하였다.

4.2 탐사점에 대한 평면위치측량 방법의 비교

Total Station을 이용하여 시설물기준점으로부터 대상지역의 도로현황과 상·하수관로 위치를 측량하여 전자야장에 기록함으로써 탐사된 지하시설물위치의 3차원 좌표를 얻을 수 있었다.

그림 12는 지하시설물의 평면위치측량을 위한 지거측량과 시설물기준점을 이용한 절대측량과정을 비교한 것이다.

지하시설물 위치에 대한 탐사와 속성정보의 조사는 두 가지 측량방식에 동일하게 적용되며 탐사된 지점의 측량에 있어 지거측량에 의한 방식은 줄자를 이용하여 상대적 위치만을 기록하였으며, 시설물기준점을 이용한 절대측량에서는 시설물의 위치가 전자야장을 통해 절대좌표로 기록된다.

또한, 지거측량에 의한 방식은 디지털 자료화하기 위해 탐사 원도에 기록된 평면위치 및 심도를 수동입력하여야 하며 시설물기준점을 이용한 방식은 측량한 모든 성과를 전자야장으로 기록함으로써 화일변환을 통하여 수치도면으로 생성된다.

이와같이 작성된 지하시설물 탐사도면을 기 제작된 수치지도와 중첩하여 편집함으로써 지하시설물도면이 완성

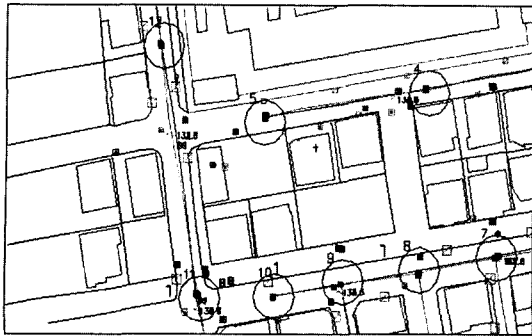


그림 13. 지거측량과 절대측량으로 제작된 지하시설물도의 중첩

된다. 그림 13은 지거측량으로 제작된 지하시설물도와 수치지도에 중첩한 결과이다.

4.3 시설물기준점을 이용한 절대측량방법의 평면위치 정확도 분석

사업초기 이용한 지거측량에 의한 탐사점의 평면위치 측량법은 삼점법 및 직각법에 의해 현재의 도로경계선에

서 가상의 연장선을 그어서 생기는 교차점을 기준으로 하는 가상기준점을 이용한 간접측량방법이다.

이와같은 지거법에 의한 간접측량방법은 작업방법이 간단하여 경제적이며, 현행 수치지도 본래의 잔존오차와는 관계없이 지하시설물 위치의 상대적인 관계를 유지할 수 있는 장점이 있는 반면, 수치지도의 갱신시 지하시설물의 위치관계를 유지할 수 없음은 물론, 작업원도를 작성하여 다시 입력하는 과정에서 자료의 누락이나 이기오차가 발생될 수 있는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 시설물기준점을 선정하여 GPS 측량을 통해 3차원절대좌표를 결정한 후, Total Station을 통해 지하시설물 탐사점의 평면위치를 절대측량하는 방법을 이용하였으며 또한, Total Station의 전자야장을 이용하여 탐사점의 평면위치를 컴퓨터상에서 자동편집하는 방법을 적용함으로써 도면이기에 따른 작업과정의 오류를 줄이고자 하였다.

표 7은 시설물기준점을 이용한 지하시설물에 대한 절대측량좌표와 개선전의 지거측량에 의한 지하시설물에

표 7. 지거측량에 방법과 시설물기준점을 이용한 절대측량성과의 평면위치정확도 (단위 : m)

번호	절대측량좌표		개선전 지거측량좌표		개선후 지거측량좌표	
	x	y	x'	y'	x''	y''
1	282259.01	427991.57	282259.33	427990.96	282259.33	427990.96
2	282498.77	427942.72	282497.93	427942.37	282498.06	427942.43
3	282508.29	427901.28	282507.01	427901.41	282508.36	427901.13
4	282515.30	427856.83	282515.27	427856.11	282515.29	427856.67
5	282388.94	427846.78	282388.83	427846.57	282388.83	427846.57
6	282350.48	427839.28	282350.44	427839.58	282350.44	427839.58
7	282312.62	427833.01	282312.10	427832.86	282312.10	427832.86
8	282274.58	427828.18	282274.21	427827.38	282274.29	427827.61
9	282476.50	428030.42	282476.22	428031.48	282476.44	428031.18
10	282490.55	427964.43	282489.92	427963.07	282490.00	427964.02
11	282504.72	427904.02	282503.32	427904.22	282504.50	427903.61
12	282452.89	427895.13	282452.73	427894.68	282453.28	427895.10
13	282406.55	427887.59	282405.70	427887.09	282405.76	427887.86
14	282513.28	427858.19	282513.23	427857.38	282513.28	427857.96
15	282386.13	427841.08	282386.61	427840.84	282386.04	427841.02
16	282375.26	427906.45	282375.30	427906.11	282375.18	427906.26
17	282482.73	427997.03	282482.11	427997.08	282483.34	427996.98
18	282497.97	427934.24	282497.38	427933.84	282497.52	427933.93
19	282478.84	427899.35	282478.01	427899.51	282478.06	427899.50
20	282408.48	427849.87	282408.26	427849.55	282408.37	427849.71
21	282331.50	427836.25	282331.30	427836.07	282331.30	427836.07

<평균제곱근오차> 개선전 : 0.84
개선후 : 0.50

대한 좌표 및 개선후의 지하시설물에 대한 평면좌표로 이 좌표들에 대한 평균제곱근오차를 구한 결과 절대측량 좌표를 최확값으로 하였을 때 개선전의 오차는 84 cm였으며 개선후에는 50 cm로 나타났다.

따라서, 시설물기준점을 이용한 절대측량으로 지하시설물에 대한 평면위치측량을 수행하는 결과, 현재의 지거법에 의한 간접측량방법에 비해 평면위치정확도를 향상시킬 수 있음은 물론, 탐사원도제작과정과 이를 이기하여 편집하는 과정에서 많은 오류를 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구는 지하시설물도 품질 향상 방안에 관한 연구로 이를 위해 본 연구에서는 최적탐사법을 도출하기 위한 전자유도장비를 이용한 탐사실험을 수행하였으며, 시설물기준점을 설치하여 탐사점의 평면위치를 절대측량하는 방법을 적용하고 지하시설물도 제작과정상의 오류를 최소화하기 위하여 오류발생 유형분석을 통한 작업공정의 개선방법을 도출함으로써 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현장실험을 통해 탐사장비에 따른 탐사방법별 탐사 정확도 분석결과, 주파수간의 탐사률은 뚜렷한 차이가 없게 나타나 특정 고주주파수에 간섭을 일으키는 요인이 현장마다 상이하다는 것을 알 수 있었다.

2. 현장 실험 DATA를 종합한 결과 간접법은 직접법에 비해 탐사률이 떨어져 기본적인 탐사방법으로 직접법에 최대범을 적용하고, 직접법이 불가한 지역과 직접법으로 탐사한 관측값의 편차가 큰 경우 간접법으로 재측량함으로써 오차를 최대한 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

3. 지거측량에 의한 탐사원도의 기록과 수동전산입력을 시설물기준점을 이용한 절대좌표측량방법과 Total Station의 전자야장으로 대체함으로써 지하시설물측량의

위치정확도 향상은 물론, 작업공정의 불합리에 의한 각종 오류를 줄일 수 있었다.

4. 오류유형분석을 통하여 오류발생 형태 및 원인을 파악하고 이를 최소화할 수 있는 최적 공정을 도출함으로써 공정개선전에 비하여 오류발생율을 50% 이하로 줄일 수 있었다.

향후 지하시설물별 탐사정확도를 더욱 높이기 위해서는 목적관로의 탐사에 간섭을 일으키는 주요인자에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

1. 국토연구원, "지하시설물도 수치지도화사업 구축전략 연구(I)", 국토연구원, 2001.
2. 김재영, 신동빈, "지하매설물 관리체계개발계획", 국토연구원, 1996.
3. 이재기, 이현직, 최석근, 이재동, "UTIC 시스템을 이용한 지하시설물자료 기반구축에 관한 연구", 한국측지학회, 제13권, 제2호, 1995.
4. 이재동, "지형공간정보의 자료기반구축을 위한 지하시설물측량의 정확도", 충북대학교 대학원 박사학위논문, 1998.
5. 유복모, "지형공간정보체계", 동명사, 1996.
6. NGIS총괄분과위원회, "국가지리정보체계(NGIS)구축 기본계획", 1997.
7. Bishwa Acharya and William Bell, "Universal accuracy standards of a GIS", Proceeding AM/FM international annual conference XVII, 1994.
8. Elliott B. Moving, "AM/FM to the field : technology, trends and success stories", Computation Environment and Urban-Systems, Vol. 18, 1994.
9. 건설교통부, "지하시설물도작성작업규칙", 건설교통부, 1998.
10. 국립지리원, "지하시설물도작성세부지침", 국립지리원, 1998.

(2002년 1월 22일 원고접수)