

GIS를 이용한 지하매설물의 효율적 관리방안: 데이터베이스 설계 및 구축방안을 중심으로*

강영옥** · 조태영**

Database Development Guidelines for the Effective Management of Underground Facilities in Seoul

Young-Ok Kang · Tae-Young Cho

요 약

지하매설물은 지방자치단체, 통신공사, 전력공사, 도시가스회사, 지역난방공사 등 관리주체가 다양하며, 서로 다른 기본도 사용에 따른 중복투자발생, 관리부서별 다양한 도면 및 대장자료의 산재, 다양한 관리기관별 업무협조체계의 부재로 인해 통합된 정보부재 등의 문제를 안고 있다. 선진외국에서 GIS를 이용하여 지하매설물을 체계적으로 관리하고, 도시안전관리에도 기여함을 고려할 때, 지하매설물의 효율적 관리방안으로서 GIS 도입에 대한 연구가 절실함을 느낀다. 본 연구에서는 첫째, 지하매설물 관리기관별 지하매설물 관리실태를 파악하고, 둘째, 서울시 지하매설물 관련기관에서 사용할 수 있는 확장성있는 데이터베이스 표준안을 작성하였으며, 셋째, 지하매설물 데이터베이스 구축에 있어 탐사에 의한 방법과 기존의 각 관리기관에서 보유하고 있는 도면을 이용하는 방법에 대한 가능성 검증 및 기존도면을 이용하여 데이터베이스를 구축하는 경우의 입력절차를 제안하고, 넷째, 데이터베이스 구축 후 유지관리를 위한 방안에 대한 대안을 제시하였다.

ABSTRACT : Effective management of underground facilities which include water line, sewer line, electric line, telephone line, gas line etc., is very important for people's safety as well as administrative efficiency. The purpose of this study is four-fold : first, investigate management status of utility information of each utility companies, second, develop classification system of underground facilities and use this classification system for guidelines of database construction and for the exchange of database among utility companies, third, construct database using existing utility maps in pilot study area and identify accuracy of the existing maps and suggest strategy of database construction, fourth, suggest strategy of database maintenance and its organizational plan in connection with national plan.

* 본 연구는 서울시정개발연구원의 「지하매설물의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 구축방안」 연구를 일부 수정·편집한 것임.

** 서울시정개발연구원(Computing and Information center, Seoul Development Institute, San 4-5, Yejang-dong, Jung-ku, Seoul, Korea, 100-250, Tel.(02) 726-1181).

서론

지하매설물이란 땅속에 묻혀있는 상수, 하수, 전기, 통신, 전력 등 도시기반시설을 의미하며, 지상 시설물에 비해 관리가 어렵고 예기치 않은 사고로 인해 많은 재산상, 인명상 피해를 입힐 가능성을 안고 있다. 우리는 서울 아현동과 대구에서의 대형 가스폭발사건, 도로굴착공사가 끝난지 얼마 안 되는 지전에 또 다른 매설물의 매설 또는 유지보수를 위해 중복공사가 일어나 교통에 혼잡을 유발하는 경우를 경험하면서 지하매설물에 대한 통합된 정보의 구축 및 체계적 관리의 필요성을 실감하게 된다. 실제로 서울시의 경우 행정적으로 지하매설물 관리기관에서 도로관리청에 굴착신청계획서를 내는 건수가 연평균 76,000건 정도가 되며, 이들 공사에 필요한 여러 승인 절차에 대한 체계적 처리 및 굴착시기조정 등의 반복적 업무를 고려할 때 지하매설물에 대한 효율적 관리체계 구축이 더욱 절실함을 느끼게 된다. 특히 선진외국에서 GIS를 도입하여 지하매설물 정보를 데이터베이스화하고 지하매설물 관리체계를 개발하여 지하매설물을 체계적으로 계획하고 관리하며, 대형사고를 사전에 예방하고, 사고가 일어난 경우에도 GIS를 활용하여 보다 신속하게 대처함으로써 피해를 최소화하는 실정을 감안할 때 GIS도입이 이러한 매설물에 대한 체계적 관리를 가능하게 하는 방안으로서 적극적으로 검토되어야 함을 느낀다.

본 글에서는 서울시를 중심으로 첫째, 이러한 지하매설물의 관리실태와 문제점을 분석하고 둘째, 현재 국가 및 서울시에서 추진 또는 계획중인 지하매설물 관리체계 구축사업내용과 셋째, 지하매설물 데이터베이스가 어떻게 구축되고 유지·관리되어야 할 지에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

지하매설물 관리실태 및 문제점

지하매설물이란 도로의 지하에 설치하는 전기선, 통신선, 상·하수도관, 냉·난방 배관 및 가스관, 공동구 등을 통칭하는데, 서울시역 내에 포함되는 지하매설물의 관리주체 및 전산화 현황은 Table 1과 같고, 지하매설물 관리와 관련된 문제점은 다음과 같은 것을 지적할 수 있다.

지하매설물 통합정보의 부재

지하매설물별 관리주체가 되는 기관의 지하매설물에 대한 정보수요는 관리하는 매설물에 대한 것뿐 아니라 타 매설물에 대해서도 위치정보 등을 필요로 하나 관리주체가 관리하는 것 외의 매설물에 대한 정보는 얻기 힘든 실정이다. 도로 굴착공사를 하려면 시공자는 서울시 상·하수도 관련부서, 한국전력, 한국통신, 가스회사 등에 각종 매설물에 관련된 도면을 개별적으로 얻어야 하는 심정이며 도로굴착 및 인·허가를 담당하는 서울시 도로국 또는 각 구청 토목과에서는 지하매설물 현황에 대한 통합된 자료가 필요하나 지하매설물과 관련된 자료를 동시에 열람할 수 없는 형편이다. 서울시의 경우 1988년 9개 구청에 대해 1/500의 지하시설물종합평면도를 구축하면서 지하매설물에 대한 정보를 탐사하여 이기하였으나 그 이후 도면의 유지 보수는 전혀 이루어지지 않은 상태이다. 즉 서울시가 모든 지하매설물의 관리주체가 되는 것은 아니나 서울시의 안전관리라는 측면에서, 그리고 도로의 소유권자로서 굴착 인·허가 업무 등의 효율적 계획수립 및 관리를 위해 지하매설물에 대한 통합된 정보가 요구되나 현재는 지하매설물 관리기관별로 각각 지하매설물에 대한 정보를 관리하고 있어 통합된 정보를 얻기 힘든 실정이다.

Table 1. Computerization Status of Unerground Facilities

지하 매설물	관 리 주 체	도 면	전산화 현황
상수도	지방자치단체 (상수도사업본부, 소방서)	1/500, 1/3000 상수배관망도	
하수도	지방자치단체 (하수국)	1/1200향측도를 1/500확대	<ul style="list-style-type: none"> · 공공하수관망정비사업 추진중 · 지상 하수도시설물 DB구축 : '96-'2000 연차적으로 실시(서울시 총괄) · 지하(지상포함)시설물 : 관망정비계획에 의거하여 2001년까지 연차적으로 구축 · 응용시스템 구축 : 기본도 및 관망정비작업이 완료된 지역부터 연차적으로 수행
전 기	한국전력공사	1/1200향측도를 1/600으로확대. 1/600배전고압, 배전저압, 1/1200 송전선, 배전가공, CATV도면	<ul style="list-style-type: none"> · 강동·송파지역 DB구축 · IBM/GeoGPG 와 ORACLE 사용 · 추진계획 - 지상 전기시설물 DB구축 : '96-'2000 연차적 실시(서울시 총괄) - 지하(지상)시설물 : 용역발주계획 추진중
통 신	한국통신공사	1/5000 지번약도	<ul style="list-style-type: none"> · 서울은 100% DB구축완료 · VAX/Infomap 사용 · 추진계획 - 지상 통신시설물 DB구축 : '96-'2000 연차적으로 실시 - 연차적으로 전국으로 확대
가 스	한국가스공사, 도시가스회사	1/600, 1/1200 향측도	<ul style="list-style-type: none"> · 가스회사별로 다양 · 서울시 연료과 주관으로 가스협회가 주체가 되어 표준화사업 진행중
난 방	한국지역 난방공사	1/1200 향측도	<ul style="list-style-type: none"> · 여의도, 동부이촌동, 반포, 강남일부지역 DB 구축 완료 · IBM/GeoGPG와 Genasys 사용 · 추진계획 - 기본도(지상 난방시설물 DB)구축 : '96-'2000 연차적 실시 - 현재 중앙지점에서 사용되는 GeoGPG를 Genasys로 교체 예정

도면대로 시공되지 않는 지하매설물

지하매설물과 관련된 설계도면이 있다해도 실제로는 그 설계도면대로 준공되지 않는 것도 문제가 되고 있다. 매설물 공사시 심도를 낮게 한다든지, 설계도면에는 길 모퉁이를 돌아 시공토록 한 것을 길 모퉁이를 가로질러 공사를 함으로써 굴착 및

매설관의 길이를 줄여 비용을 절감하는 식의 일들이 과거에는 많이 일어났고 이러한 것에 대한 관리감독의 소홀은 현재 도면상으로는 매설관이 존재하나 실제 땅을 파면 그 관이 나타나지 않는 경우가 많이 발생하고 있는 것이다. 이러한 현실은 지하매설물 데이터베이스 구축에 있어서도 일부에

서는 각 축척의 지도가 갖는 오차의 한계를 고려한 허용오차를 (예를 들면 1:1000 축척의 지도는 40cm의 허용오차를 갖음) 주어야 한다고 주장하는 반면 실무부서에서 일하는 담당자들은 도면상에 나타나있는 관이 실제 있기만 해도 다행이기 때문에 정확한 오차의 한계까지를 고려한 지하매설물 데이터베이스 구축은 현실적으로는 불가능하다고 얘기되고 있는 실정이다. 즉 현재 관리부서별로 도면을 사용하고 있기는 하나 도면의 정확도에 대해 신뢰하기 어려운 형편이다.

기본도의 부재로 중복투자 발생 및 서로 다른 기본도 사용

각 지하매설물 관리부서의 자료관리 전산화 계획보다 서울시가 총괄적으로 추진중인 기본도의 구축이 지연되는 경우가 있어 기본도 내용의 중복투자 문제가 발생하고 있다. 예를 들어 Table 1에 나타난 바와 같이 서울시 하수처리과의 경우에 현재 하수관망정비사업을 추진중에 있는데 이는 현재 1:1200 항측도를 1:500으로 확대하여 관망에 대한 데이터 정비 및 전산화를 추진하고 있는 실정으로 서울시 기본도가 1:1000으로 제작되는 경우 1:1000기본도로의 이기작업이 불가피할 것으로 보여 추후 1:1000기본도로의 관망정보 이기 등은 중복투자가 우려되는 부분이다.

이러한 문제는 서울시가 관리하는 매설물에서만 발생하는 것이 아니라 서울시가 아닌 외부기관에서 관리하는 매설물에서도 동일한 문제가 발생하고 있다. 전력공사의 경우 1:1200, 1:600 등의 지적도가 사용되고 있으며, 통신쪽에서는 1:5000의 지번약도, 그리고 가스회사의 경우 1:1200 항측도를 1:600으로 확대한 도면을 사용하고 있는데, 서울시 전체적으로 보면 각 기관마다 관리하고 있는 매설물 정보를 나타내기 위해 기본도 구축에 계속적으로 중복투자가 발생하고 있다고 볼 수 있는 것이다.

매설물 관리기관별 기본도에 대한 중복투자뿐

만 아니라 서로 다른 기본도에 입력된 시설물 정보를 하나의 기본도에 통합하여 중첩시켜 보고자 하는 경우 각 매설물은 절대좌표에 의해 위치정보가 입력된 것이 아니라 기본도에 따라 상대적인 정보가 입력되었기 때문에 기본도가 달라지는 경우 모든 위치정보를 달라진 기본도에 맞추어 상대적 위치표시(이기작업)를 해야 한다는 점도 커다란 중복투자 요소가 된다.

부서내 자료의 통합관리상의 문제

기본도 부재 문제와 관련되는 사항으로 관리기관별로 다양한 기본도가 존재하는 것뿐 아니라 한 기관내에서도 여러 종류의 도면 및 대장자료를 사용하여 통합된 정보를 구하기 어렵고 일관성이 결여된 문제점을 지적할 수 있다. 상수도 시설물 관리의 경우 1:500의 상수배관망도와 1:3000의 배관망도가 혼용되어 사용되고 있으며 각 수도사업소에서는 1:3000의 상수배관망도에 관망의 갱신·세척 등을 기록하고 있다. 실제 이러한 정보는 1:500 상수배관망도에 이기하도록 되어 있으나 실제로는 이기되지 않고 이원화되어 관리되고 있는 경우가 많아 자료의 통합 및 일관성에 문제가 있다고 볼 수 있다. 이러한 현실은 도면뿐 아니라 대장·문서자료에서는 더욱 심하여 같은 자료의 중복문제뿐 아니라 현업부서의 담당자가 아닌 경우 어떤 것이 가장 최근 자료인지조차 파악하기 어려워 원시도면 및 각종 문서·대장 등 원시자료의 정비가 시급한 실정이다.

이러한 제반 문제점들을 볼 때 각 지하매설물 관리주체별로는 도면 및 대장자료를 정비하여 체계적으로 관리가 될 수 있도록 하는 것이 필요할 뿐 아니라 서울시와 같은 지방자치단체는 도시의 안전관리라는 측면에서 지하매설물에 대한 통합정보의 구축이 요구된다. 하지만 각 기관마다 서로 다른 기본도에 이기된 지하매설물 정보는 각 기관별로 시설물 관리시에는 문제가 없을 수 있으나 통합된 정보 구축시에는 서로 일치하지 않는 실정

이기때문에 하나의 기본도 위에 이기하는 작업이 필요하다.

국가 및 서울시 지하매설물 관리체계 개발계획

지하매설물 관리체계 개발은 국가지리정보체계 구축사업(NGIS)에서 추진하는 공공목적의 GIS활용체계개발사업 중 도시관리 및 방재차원에서 우선적으로 추진하는 사업이며 1996년부터 1997년까지 과천시를 대상으로 지하매설물 관리체계개발 사업을 추진하고 있다. 국가에서 추진하는 지하매설물 관리체계개발사업에 대한 기본구상은 전국의 78개 도시를 대상으로 하여 1:1000으로 작성될 수치지도를 이용하여 각 지방자치단체에서 지하매

설물을 효율적으로 관리하도록 하여 국가안전관리 에 GIS가 적극적으로 활용될 수 있도록 하고자 하는 것으로 지하매설물 관리에 대해 Table 2에 나타난 바와 같은 추진일정을 갖고 있다.

서울시의 GIS시스템 도입계획은 1995년 확정된 국가지리정보체계(NGIS)에 근거하여 기본계획이 수립되었으며, 기본도의 경우 지상·지하의 각종 도형정보와 대장, 조서 등 속성(문자) 정보가 연계 될 수 있는 데이터베이스 구축을 주된 내용으로 하고 있고 기본도 구축은 1996년부터 1998년까지 국립지리원에서 위탁하여 구축 중이며 기본도 구축이 완료되는 지역별로 지하매설물 데이터베이스를 구축하여 기본도 구축완료 1년 후에 지하매설물 데이터베이스도 완성하도록 하는 계획을 수립 하여 추진중에 있다 (Table 3 참조).

Table 2. Computerization Plan for Underground Facilities on National Level

추진사업	95	96	97	98	99	2000	2001
• 지하매설물 관리체계 개발계획 수립							
• 관리체계 개발 시범사업 및 평가							
• 1:1000 지형도 수치지도화							
• 지하매설물 탐사 및 데이터베이스 구축							
• 지하매설물관리체계 개발							
• 지하매설물 정보망 구축							

(자료 : 국토개발연구원, 1997, 「지하매설물 관리체계 개발계획」)

Table 3. GIS Implementation Plan of Seoul Metropolitan Government

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001
기본도 제작	6개구	10개구	9개구			
지하시설물도 제작		1개구	6개구	6개구	6개구	6개구
속성 DB 구축 및 활용 시스템 개발						▶
H/W, S/W 도입						▶
전산망 구축						▶

지하매설물 데이터베이스 구축 및 유지관리방안

지하매설물 데이터베이스 표준안 작성

지하매설물 데이터베이스 구축에 앞서 선행되어야 할 것은 어떠한 지하매설물 정보를 구축할 것이며, 얼마만큼의 정보를 어떤 형태로 구축할 것인가 하는 데이터베이스 표준안의 작성이 우선되어야 할 것이다. 현재 정보통신부의 한국전산원이 간사기관으로 활동하고 있는 표준화분과에서는 국가기본도 표준화작업에 이어 공통주제도 내용에 대해서도 표준화작업을 진행중이며, 지하매설물에 대해서는 상·하수도, 전기, 통신, 난방, 송유관, 가스부분에 대한 표준초안이 만들어진 상태이다. 하지만 표준화분과에서 작업하고 있는 지하매설물 표준화의 범위는 각 지하매설물 관리주체별로 현재 관리되고 있는 상황을 중심으로 하여 지형지물 및 기본속성을 정의하고 있어 서울시의 관점에서는 이들에 대한 재설계가 필요하다. 현재 국가지리정보체계구축사업(NGIS)에서 추진중인 지하매설물 관리체계개발 시범사업의 내용은 지방자치단체가 도시의 안전관리를 위하여 지하매설물을 통합 관리하도록 유도하고 있으나 관리주체가 다른 지하매설물을 지방자치단체가 통합관리한다는 것은 사실상 거의 불가능한 일이다. 다만 지방자치단체의 업무분석에 기초하여 필요한 정도의 내용만이 지하매설물 데이터베이스 표준안에 포함되도록 할 수 밖에 없다.

서울시의 경우 업무분석 결과 지하매설물의 직접관리부서가 아닌 기타부서에서 지하매설물에 대해 요구되어지는 정보는 지하매설물의 현황에 대한 정보와 도로를 점유하는 시설물에 대한 정보가 요구되었다. 따라서 지하매설물의 표준안에는 지하매설물 관련부서에서 공통적으로 요구되어지는 정

보만이 표준화의 범위안에 포함되도록 하는 것이 바람직하다. 즉 상·하수도의 경우 서울시가 관리주체가 되긴 하나 서울시 내부에서도 상수도 관리는 상수도사업본부와 수도사업소, 하수도에 대해서는 하수국에서 관리하기 때문에 이들 관리부서에서 필요한 만큼의 내용이 지하매설물 데이터베이스 표준안에 포함될 수는 없다는 것이다. 예를 들어 하수과에서는 하수관에 대하여 라이닝(Lining) 작업을 실시하고 있으며 하수과에서 관망을 관리할 때는 라이닝 실시여부, 라이닝 시기 등이 매우 주요한 사항이 될 수 있지만 지하매설물에 대한 통합정보가 필요한 경우 이러한 정보는 하수과 외에서는 크게 필요로 되지 않는 항목으로 볼 수 있으며 그러한 의미에서 표준안의 기본속성정보에는 제외되는 것이 바람직하다.

서울시 지하매설물 데이터베이스 표준안은 서울시 업무분석을 기초로 하여 지하매설물 관련부서에서 최대한 필요로 하는 공통부분을 포함하도록 하였으며, 공간객체의 정의, 지형지물 분류체계, 속성정보 분류 및 속성값, 지형지물 및 관련속성연계로 구성하였다¹⁾.

(1) 공간객체의 정의

지하매설물 데이터베이스의 각 레이어에 대한 공간객체의 정의는 서울시 지하매설물의 분류기준을 명확히 하고 차후 데이터베이스 구축에 있어 혼돈을 줄이기 위한 것이며 관리주체가 되는 기관의 관점을 위주로 하였다. 예를 들어 전력에 대한 정보인 경우에 한전에서 설명하는 용어나 관점이 서울시의 관련부서에서 사용하는 용어나 관점과 상이할 수 있는데 이러한 용어의 설명은 관리주체 기관과의 면담을 통해 그 기관에서 사용하는 용어를 중심으로 정리하려고 하였으며, 다만 분류기준은 서울시의 편의에 따라 재분류하였다.

1) 서울시 지하매설물 데이터베이스 표준안은 강영욱, 조태영(1996), *지하매설물의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 구축방안* 참조

공간객체 정의 예(상수관)

- 상수관(SA001)
 - 상수관은 인입관을 제외한 관으로 그 종류는 취수관, 도수관, 송수관, 배수관, 급수관 등으로 구분됨.
 - 취수관은 수원(한강)에서 취수장까지 물을 운반하는 관으로 취수량을 조절함.
 - 도수관은 취수장에서 정수장으로 운반되는 관임.
 - 송수관은 관경 700-2200mm 이상의 관으로 정수장에서 정화된 물을 배수지까지 운반하는 관.
 - 배수관은 관경 60-600mm의 관으로 배수지로부터 수요자의 급수시설까지 운반하는 관.
 - 급수관은 관경 13-50mm의 관으로 배수관에서 각 수요자에게 운반되는 관으로 수도계량기와 연결되어있음.
 - 공업용수관은 공업용수를 운반하는 관임.

(2) 지형지물 분류체계

일차적으로 국가지리정보체계의 국가기본도 표준(안) : 지형지물분류방법 및 부호체계(한국전산원, 1996), 지하매설물도 표준초안 : 지형지물분류방법 및 부호체계(한국전산원, 1996), 서울시 GIS 기본도 구축을 위한 기술지침 연구(서울시정개발연구원, 1996)에서 도출된 지형지물 분류체계를 따르며 지하매설물과 관련이 있는 지상시설물의 경우 기존의 도로시설(AE)에 포함되어 있는 항목은(예, 가로등, 신호등, 공중전화박스 등) 표준(안)의 코드를 사용하지 않고 응용시설물(대분류 : S)에서 함께 분류하였다.

지하매설물 지형지물분류체계는 서울시 도로 굴착 인허가 업무, 점용료 산정업무, 도시시설안전관리 등 업무에 필요한 수준을 정하고 그 수준에 따라 관리주체가 되는 기관에서 소유하고 있는 도면, 대장자료 등에서 지형지물을 재분류하여 체계화하였다. 그리고 지하매설물 지형지물 분류번호

는 동일 지형지물에 대해서는 국가표준안의 번호 체계에 맞추어 작성하였다.

지하매설물 지형지물분류체계

대분류	중분류	소분류	지형지물명
S			응용시설물
SA			상수도
		SA000	미분류
		SA001	상수관
		SA004	인입관
		SA100	변류
		SA115	급수탑(AZ010)
		SA116	소화전(AZ001)
SB			하수도
		SB000	미분류
		SB001	하수관거
		SB101	맨홀
		SB110	횡단하수거
SC			전력
		SC000	미분류
		SC001	전력선
		SC110	전주
		SC120	분전함
		SC210	맨홀
		SC212	개폐기
	SC233	변압기	
SD			통신
		SD000	미분류
		SD001	통신선
		SD100	맨홀
		SD130	통신박스
		SD202	공중전화부스(AE305)
SE			난방
		SE000	미분류
		SE001	난방열관
SG			가스
		SG000	미분류
		SG001	가스관망
		SG100	밸브
		SG300	정압기(governor)
		SG700	방식전위측정함 (Test Box)

(3) 속성정보분류 및 속성값

국가지리정보체계의 국가기본도 표준(안)의 속성정보 분류방법을 우선으로 하며, 서울시의 요구사항을 수렴하여 속성항목 및 속성값을 추가하였다. 국가기본도 표준(안)의 속성정보분류는 각 속성항목에 대해 미분류(000) 및 기타(999)를 정의하고 있는데 미분류 및 기타는 분류범위에 해당되는 항목이 없는 경우에 사용하는 항목으로 서울시의 경우에는 모든 속성항목에 동일하게 미분류(000)를 사용하도록 하였다.

관리주체가 세분화하여 갖고 있는 지형지물에 대한 정보가 서울시 지하매설물 표준안에서는 하나의 레이어로 통합되고 속성으로 처리된 부분이 많다.

(4) 지형지물 및 관련속성연계

지형지물 및 속성간 연계는 사용목적에 따라 달라질 수 있으므로 서울시의 필요항목에 따라 연관관계가 구성되었으며 실제 구축에 대비한 속성항목 및 속성값을 선택적으로 지정하고 데이터 유형 및 자리수를 정하였다.

테이블 항목 중 자료원(Source)은 구축될 데이터의 정확도를 유지하기 위해 데이터 구축의 기초자료로 사용하여야 하며, 실제 구축시 해당 자료원을 사용할 수 없는 경우가 발생하거나 자료원이 2종류 이상일 경우에는 데이터베이스 구축시 감독관과 상의하여 입력자료원을 결정하도록 하였다. 모든 지형지물은 도형정보 입력지침에 따른 입력단위마다 고유번호를 갖게되며 실제 각 관리주체가 관리하는 단위는 MID(Management Identification Number)라는 관리번호 속성항목을 첨가하여 각 관리주체가 관리하는 대장자료 등과의 연계가 필요하게되는 경우 쉽게 연계시켜볼 수 있도록 설계하였다.

지형지물 및 관련 속성연계 예(상수관)

Item	Description	Type	Value	Value Meaning	Source
IDN SAA	고유번호 상수도관 용도	C9 I3	000	미분류	
			001	취수관	
			002	도수관	
			003	송수관	
			004	배수관	
			005	급수관	
			010	공업용수관	
DIP LEN DEP	구 경 길 이 깊 이	I4 F4.1 F4.1	mm Meter Meter		
MOP	지 하 매 설 물 재 질	I3	000	미분류	
			001	다타일주철관(DP)	
			002	강관(SP)	
			003	아연도강관(GS)	
			004	염화비닐관(PVC)	
			005	폴리에틸렌관(PE)	
			006	스테인레스관(SSP)	
			007	동관(COP)	
			008	P.S 콘크리트관(PC)	
			009	석면시멘트관(AS)	
			010	회주철관(CIP)	
			011	연관(LP)	
			012	흙관(IP)	
			013	철근콘크리트관(RC)	
			014	강관(ST)	
			015	주철관(CI)	
			016	화학제품류관(PV)	
			017	도관(VC)	
			018	석축(SE)	
			019	도복장 강관(SP)	
			020	흙관(IP)	
			021	아연도 강관(GP)	
			022	청동관(BR)	
			023	고무물땀(RM)	
			024	주강(CS)	
			025	VR관	
			026	HDPE관	
			027	회주철관(CIP)	
			028	다타일주철관(DCIP)	
			029	시멘트라이닝주철관(C)	
030	수도용염화비닐관(PVC)				
031	수도용 PE관(PE)				
032	석면시멘트관(AC)				
033	폴리에틸렌분쇄다이닝강관(PEP)				
034	에폭시코팅강관(EPS)				
035	HI-3P				
036	철근콘크리트박스(RCB)				
037	콘크리트중선합(CD)				
038	후래시불전선합(FP)				
039	전선합(FD)				
040	탄소강(가본스틸)				
041	이중보유관				
042	도관(EP)				
999	기타관				

지하매설물 데이터베이스 구축방안

지하매설물 데이터베이스의 구축은 지하매설물 탐사에 의해 구축하던가 혹은 현재 지하매설물 관리주체별로 보유하고 있는 각 기관별 도면을 이용하여 데이터베이스를 구축하는 방법을 고려해 볼 수 있다. 지하매설물 탐사에 의해 데이터베이스를 구축하게 되는 경우는 탐사에 소요되는 비용 등 데이터베이스 구축비가 막대하여 이에 대한 고려가 필요하며, 각 관리주체별로 보유하고 있는 도면을 이용하게 되는 경우는 각 관리기관별로 보유하고 있는 도면의 정확도 및 신뢰성에 문제가 있을 수 있다. 두 가지 방법에 의한 데이터베이스 구축은 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

(1) 지하매설물 탐사에 의한 데이터베이스 구축
 지하매설물 탐사에 의한 데이터베이스 구축은 1 : 1000 서울시 수치기본도를 basemap으로 탐사장비를 이용하여 현장탐사를 통해 매설물의 위치 및 심도 등을 조사하는 방법이며, 지하매설물 탐사에 의한 데이터베이스 구축의 일반적인 절차는 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다. 탐사에 의해 데이터베이스를 구축한다 하더라도 매설물의 재질, 탐사장비의 종류, 현지여건 등에 따라 정확도가 다를 수 있는데 일반적으로 현재 국내에서 사용되는 장비와 여건을 고려하였을 때 평면위치의 경우 도로와의 이격거리를 기준으로 하여 90%, 심도의 경우 70% 이상의 정확도를 얻기 힘든 실정이다 (Table 4 참조).

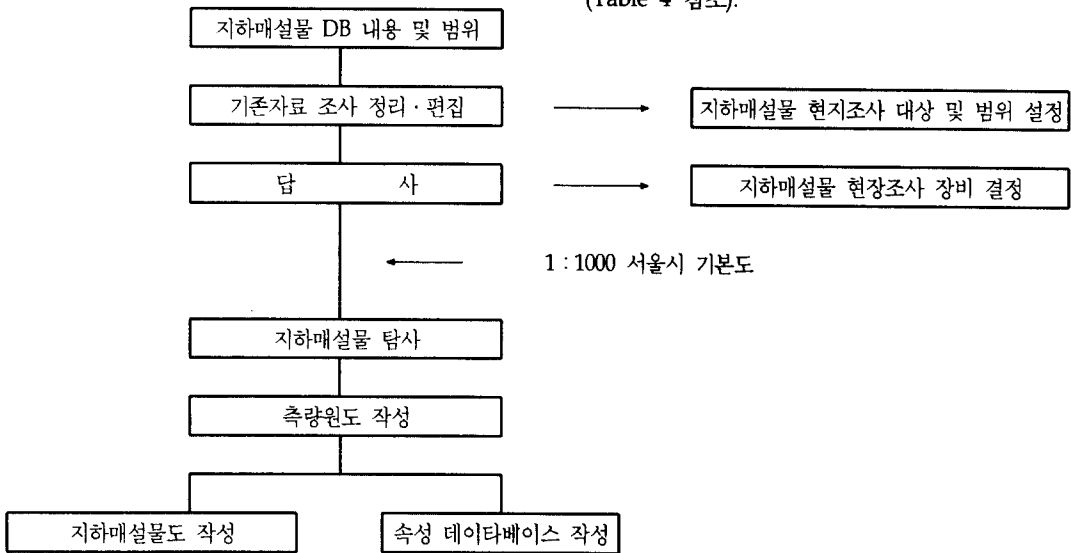


Fig. 1 Flow Chart of Database Construction Using Probing Method

Table 4. Probing Method and Equipment of Underground Facilities

재 질	탐사기법	탐사장비	비 고
금속관로, 케이블	전자유도법	RD400, MPL시리즈	상수, 가스, 난방, 통신 전력
비금속관로	지하레이다법, 전자유도법	SIR10, 고텐Purse Ekko, RD400, MPL 시리즈	공관로, 하수도, 가스관 등 관경 100mm이상
매몰변(맨홀)탐사	자장법	RD312, FT80, FM880B	

서울시의 경우 상·하수도만이 직접관리주체가 되기 때문에 서울시 중구 한 개 구만을 대상으로 지하매설물 탐사에 의해 데이터베이스를 구축하게 될 경우의 소요예산을 추정해 본 결과 약 33.3억이 필요한 것으로 계산되었다.²⁾ 서울시가 25개 구로 구성되었기 때문에 전체적으로는 약 832.5억의 예산이 소요되는 것으로 추정해 볼 수 있다. 이것은 단지 상·하수도를 대상으로 한 경우의 소요 예산이며 기타 매설물까지 탐사에 의해 데이터베이스를 구축한다고 가정할 경우 그 예산은 실로 막대해지며 지하매설물 탐사에 의하여 데이터베이스를 구축하는 경우 그로 인한 교통혼잡 등의 부가적 문제까지를 고려하지 않을 수 없다.

(2) 지하매설물 관리기관별 도면을 이용하여 데이터베이스를 구축하는 방법

지하매설물 통합데이터베이스를 구축하는 또 다른 대안은 현재 지하매설물 관리기관별로 보유하고 있는 도면을 이용하는 방법이다. 각 기관별 도면을 이용하여 데이터베이스를 만들기 위해서는 앞에서 설명된 바와 같이 데이터베이스 표준안에 따른 자료의 구축이 필요하다. 첫째는 각 기관별로 사용하고 있는 도면 가운데 어떤 도면 또는 자료를 사용할 것인지에 대한 정의(Table 5 참조), 둘째는 데이터베이스 표준안에 따른 도형정보를 어떻게 입력할 것인지에 대한 지침이 필요하다. 각 기관별로 도면을 담당하는 작업자는 해당분야에 대한 지식을 갖고 있지만, 서울시 레이어 설계에 맞게 입력되기 위해서는 node는 어떻게 형성하며, 관망의 시작점과 끝점은 어디인지, 맨홀이라 하더라도 여러 종류로 표기된 맨홀 심볼의 이해 등에 바탕을 둔 입력지침 작업이 필요하다. 셋째는 각 레이어화된 것에 대한 속성정보의 입력인데

서울시 데이터베이스 설계안에 따른 속성정보는 대개 각 지하매설물 관리기관에서 관리하고 있는 도면상에 나타나는 것이지만 경우에 따라서는 기관별로 관리하고 있는 대장자료 등을 참고할 필요가 있는 경우도 있다³⁾. 각 기관에서 관리하고 있는 도면을 이용하여 도형 및 속성정보 입력지침에 따라 입력한 것을 출력한 결과는 Fig. 2, 3, 4, 5, 6과 같다 (기관도로 표시된 것이 각 지하매설물 관리기관에서 협조받은 도면을 서울시 데이터베이스 표준안에 맞추어 도형 및 속성정보 입력지침에 따라 입력한 것임).

Table 5. List of Maps used for Database Construction

매설물 유형	입 력 도 면
상수도	1/500 상수배관망도, 1/3000 상수배관망도
하수도	하수관망정비사업을 마친 CAD 도면 또는 파일(1/500)
전 력	1/600 송전선로도, 1/600 배전지중고압선로도, 1/600 배전지중저압선로도, 1/1200 배전기공선로도, 1/600 CATV 도면
통 신	지중관로도, 나선도
가 스	1/600 가스관망도, 가스노선확대도

지하매설물 관리기관에서 보유하고 있는 도면은 협조받아 데이터베이스를 구축하는 경우의 문제점은 첫째, 각 기관에서 보유하고 있는 도면정보의 정확도에 대한 것이며, 둘째는 기본도에 이기하는 문제이다. 첫 번째 문제를 해결하기 위해 서울시 중구 일부지역에 대해(실험지역에 대한 위치는 Fig. 7 참조) 서울시 1:1000 수치지도 작업과정

2) 강영욱, 조태영, 1996, *지하매설물의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 구축방안*, 서울시정개발연구원

3) 지하매설물 데이터베이스 표준안에 따른 매설물 레이어별 도형 및 속성정보 입력지침에 대해서는 “강영욱, 조태영, 1996, *지하매설물의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 구축방안*, 서울시정개발연구원”을 참고.

과 동일한 방법으로 기본도를 구축하고 동일지역에 대해 지하매설물 관리기관별로 현재 보유하고 있는 도면을 협조받아 기본도와 각 기관에서 협조 받은 맨홀을 중심으로 위치정확도를 비교하였다. 지하매설물의 경우 대부분의 관로는 맨홀과 맨홀 사이가 직선으로 연결되는 경우가 많기 때문에 지상에 표현되는 각 시설물의 맨홀은 각종 관망정보 입력의 주요지점이 되며 기본도와 각 기관도면의 위치정확도를 비교하는 척도로 사용될 수 있다. 그 결과는 시설물별로 차이는 있으나 기관에서 협조받은 도면을 중심으로 볼 때 현지조사(기본도) 맨홀과 2meter범위 내로 일치하는 것은 상수도 67%, 하수도 87%, 전기 57%, 통신 4%, 가스 58% 등으로 나타나 각 기관도면에는 나타나지만 기본도에는 나타나지 않는 맨홀, 또는 기본도에는 나타나지만 기관도면에는 나타나지 않는 맨홀이 적

게는 13%에서 많게는 90% 정도까지 이르고 있어 맨홀에 대한 조사가 먼저 이루어져야 함과 전산화가 완료된 매설물에 대해서도 좌표를 맞추어 중첩해서 바로 사용할 수 없는 실정임을 나타내었다 (Fig. 2, 3, 4, 5, 6과 Table 6 참조).

각 기관별 도면을 이용하여 데이터베이스를 구축하는 경우 지하매설물 데이터베이스의 구축은 서울시 GIS기본도가 완성된 후 기본도와 별도로 구축되어야 하고, 향후 구축될 서울시 1:1000 기본도를 basemap으로 기본도와 각 기관도면의 맨홀에 대한 정보를 상호비교한 후, 기본도 또는 기관도면에서 누락된 맨홀에 대해 현지조사 이후 기본도의 맨홀을 기준으로 기관에서 보유하고 있는 도면 또는 대장상에 기재된 관로에 대한 심도, 관경, 관중, 설치년도 등의 각종 속성정보를 이기하도록 하여야 한다.

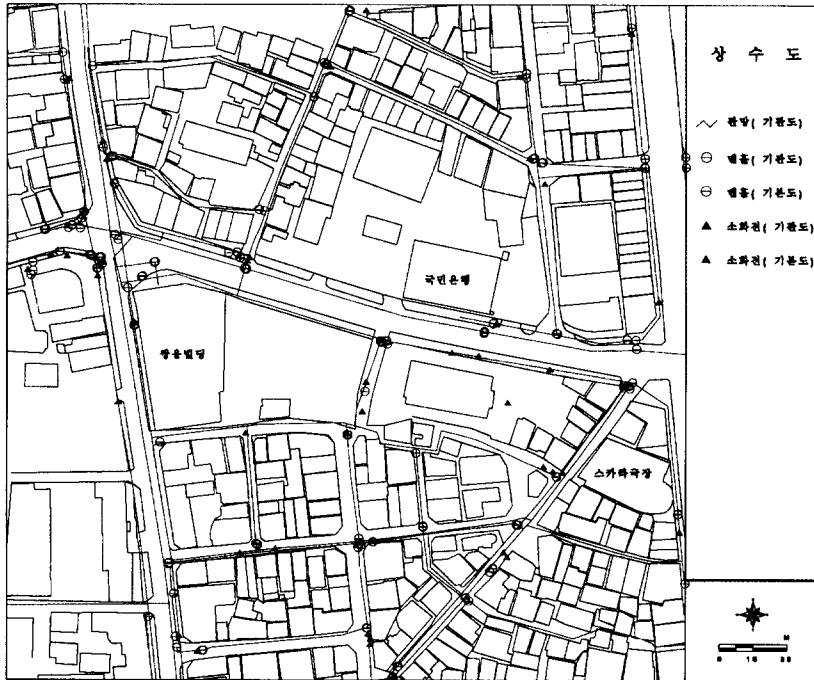


Fig. 2 Positional Accuracy Comparison of Water Facilities shown on 1:1000 basemap and the Maps Managed by Water Department



Fig. 3 Positional Accuracy Comparison of Sewer Facilities shown on 1:1000 basemap and the Maps Managed by Sewer Department



Fig. 4 Positional Accuracy Comparison of Electric Facilities shown on 1:1000 basemap and the Maps Managed by Electric Company

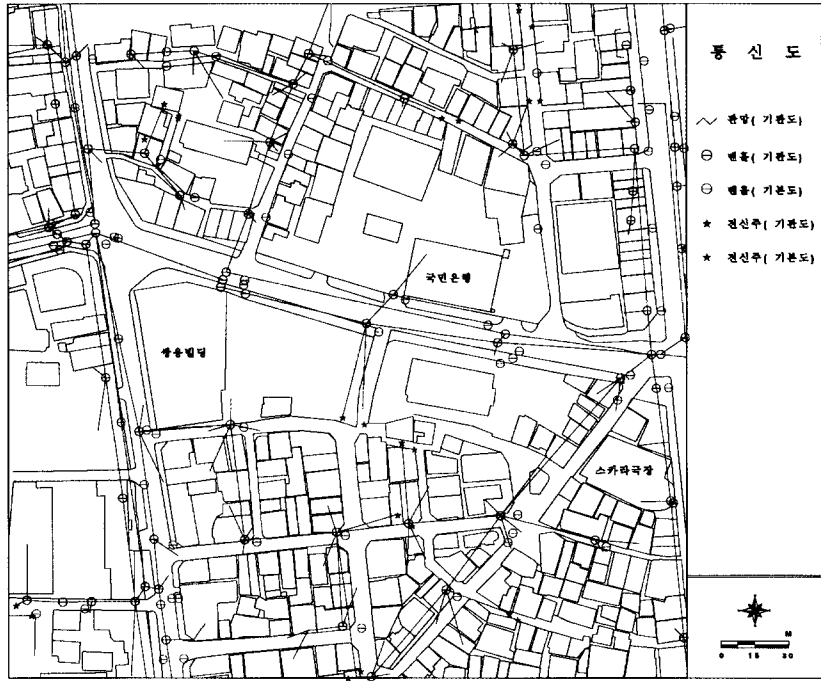


Fig. 5 Positional Accuracy Comparison of Telecommunication Facilities shown on 1 : 1000 basemap and the Maps Managed by Telecommunication Company

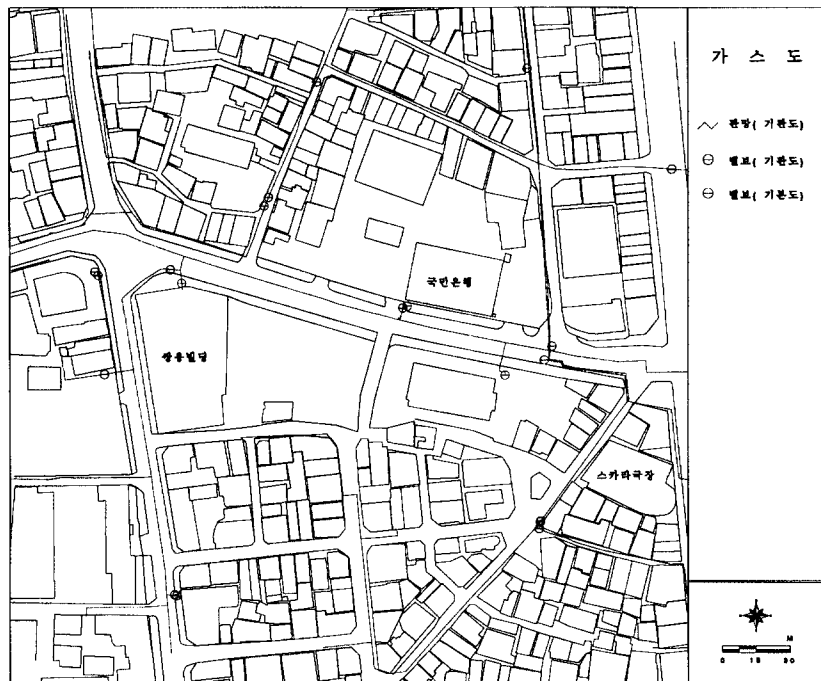


Fig. 6 Positional Accuracy Comparison of Gas Facilities shown on 1 : 1000 basemap and the Maps Managed by Gas Company

Table 6. Positional Accuracy Comparison of Manholes between 1 : 1000 basemap and The Maps Managed by Facility Companies

		현지조사				기관도면			
		맨홀총수	허용오차 내 일치	일정범위내 일치	누락	맨홀총수	허용오차내 일치	일정범위내 일치	누락
상수도	상수도배관망도	64(100%)	35(54.7%)	4(6.3%)	26(39.0%)	52(100%)	35(67.3%)	4(7.6%)	13(25.1%)
하수도	하수도배관망도	76(100%)	48(63.2%)	2(2.6%)	26(34.2%)	55(100%)	48(87.3%)	2(3.7%)	5(9.1%)
전기	전력배선도	10(100%)	4(40.0%)	1(10.0%)	5(50.0%)	7(100%)	4(57.1%)	1(14.3%)	2(28.6%)
통신	통신관로도	66(100%)	3(4.5%)	16(24.2%)	47(71.2%)	71(100%)	3(4.2%)	16(22.5%)	52(73.2%)
가스	가스관망도	11(100%)	7(63.6%)	3(27.3%)	1(9.1%)	12(100%)	7(58.3%)	3(25.0%)	2(16.7%)

* 허용오차 : 2m, 일정범위 : 5m⁴⁾

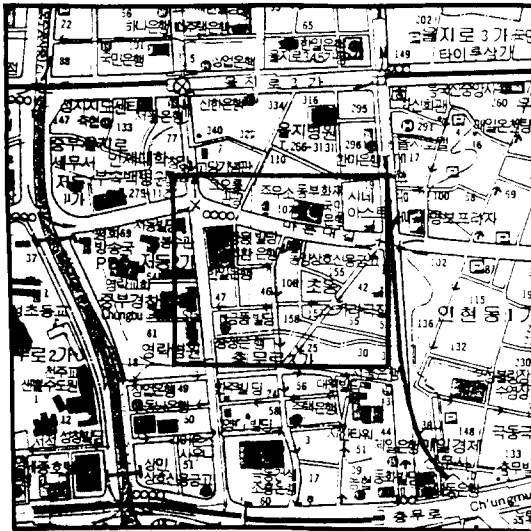


Fig. 7 Pilot Study Area

지하매설물 데이터베이스 유지관리방안

지하매설물 데이터베이스 유지관리를 위한 제도적 대안

지하매설물 데이터베이스가 1 : 1000 서울시 기본도 구축 이후 탐사에 의해 구축되던지 혹은 각 기관의 도면정보를 기본도에 이기하여 구축하던지

지하매설물 데이터베이스가 구축된 이후에도 계속 되는 지하매설물 관로의 신설, 확장, 유지보수 공사 등 지하매설물 자료의 변동사항에 관해 관리기관간의 자료협조가 신속하고 정확하게 이루어져야 한다.

현재 지하매설물 관리기관이 다양한 상태에서 서울시가 통합된 정보를 구축하고 변동되는 자료를 제공받기 위해서는 초기 데이터베이스 구축 및 유지관리에 대한 제도적 방안이 마련되어야 한다. 현재 국가지리정보체계구축사업(NGIS)의 일환으로 국토개발연구원에서 “지하매설물관리 전산화를 위한 제도정비 방안”에서 과천시를 대상지역으로 지하매설물 관리시범시스템 개발과 함께 제도정비에 대한 대안을 마련 중이며, 지방자치단체에 있어서는 대구시가 “도로종합정보관리시스템”을, 광주시가 “도시종합정보시스템”을 구축하여 관련기관들로부터 지하매설물 관련 정보를 협조받아 이용하고 있거나 또는 자료를 입력하려고 하고 있다.

서울시의 경우 현재 지하매설물의 자료 공유 및 정보제공과 관련하여 제도적인 근거가 될 수 있는 것은 도로국 업무와 관련하여 생각해 볼 수 있다. 각 기관의 지하매설물 정보제공과 관련된 사항으로는 도로법 상의 굴착관련 지침 및 점용료 산정

4) 허용오차 2m, 일정범위 5m라는 것은 두 도면을 비교하기 위하여 본 연구에서 임의적으로 정한 오차이며, 실제 2m가 1 : 1000 기본도에서 허용되는 오차라는 의미는 아님.

이 있다 (도로법 제 40조 도로의 점용, 도로법 시행령 24조, 도로법 시행규칙 16조).

이러한 도로국 업무와 관련하여 지하매설물 관리기관들에 의해 빈번하게 이루어지고 있는 도로 굴착공사의 추진절차를 살펴보면 ① 관내도로굴착 관련 유관부서 도로굴착 승인 요청 → ② 현장조사 → ③ 도로굴착승인 예정 통보 및 도로굴착복구비 부과 → ④ 도로굴착 복구비 납부 후 영수증 사본 첨부, 착공계 제출 → ⑤ 도로굴착 및 지하매설관로 부설 → ⑥ 굴착원인자 복구, 도로관리청 복구 → ⑦ 준공계 제출 → ⑧ 현장조사 → ⑨ 도로굴착 복구 확인서 발급의 순으로 이루어지고 있으며 현재 개정된 도로법에 따르면 도로굴착 시행자가 준공도면을 제출하지 않을 경우에 과태료를 부과하도록 규정되어 있다 (도로법 제86조 과태료 부과, 도로법 시행령 제 37조의 3, 도로법 시행규칙 35조). 따라서 현재로서는 서울시가 지하매설물 관리기관의 정보를 제공받을 수 있는 제도적인 근거는 도로국 업무와 관련된 도로굴착공사 추진시에 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

그러나 새로 개정된 도로법 시행규칙 제17조 3 (준공도면의 제출 및 관리 등)에 따르면 제공되는 준공도면에 포함되어야 하는 내용 가운데 평면도는 1/1200의 축척을 따르도록 되어있는데 현재 NGIS(국가지리정보체계구축사업) 기본계획에 78개 도시지역에 대해서는 1/1000 축척의 기본도를 제작할 예정이므로 평면도, 설치위치도 등의 축척도 1/1000으로 바뀌는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

지하매설물 데이터베이스 유지관리를 위한 조직체계 구성안

지하매설물에 대한 관리조직체계는 타 시설물과는 달리 관리기관이 다양한 매설물에 대한 통합된 정보가 구축되고 이에 대해 살아있는 데이터베이스로서 계속 유지보수가 되어야 하기 때문에 관련 기관간의 유기적 협조체계 및 역할분담, 관리책임

부여 등의 문제가 첨예하게 대두되는 부분이라 할 수 있다.

현재 국토개발연구원에서는 지하매설물 관리를 위한 제도정비 및 조직운영에 대한 대안을 연구하고 있는 실정으로 지하매설물 관리체계의 개발은 관계기관이 모두 참여하여 구성하되 지하매설물 관리체계의 구축계획 수립단계부터 협의체를 구성하도록 제안하고 있는데 이러한 협의체는 중앙협의체와 지방협의체로 나누어 구성할 것을 제안하고 있다.

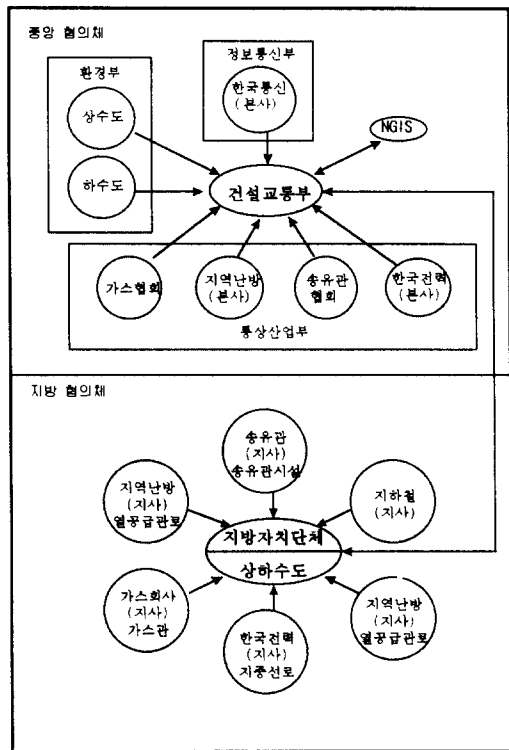


Fig. 8 Proposed Cooperative Organizations for the Management of Underground Facilities

중앙협의체는 현재 NGIS의 총괄 추진위원회를 담당하고 있는 건설교통부가 중심이 되어 지하매설물 관리체계 구축의 기반을 만들어주기 위한 제도정비를 비롯하여 행정적 의사결정의 중요사항에

대해서 협의하여 결정하도록 하며, 지방협의체는 지방자치단체를 중심으로 관리체계 개발 해당 시사의 관련기관 실무자들이 직접 참여하여 구성되며 자료관리 센터의 역할로서 자료의 구성 및 관리업무를 담당하고 지하매설물과 관련한 모든 행정업무 및 행정서비스를 담당하도록 제안하고 있다 (Fig. 8 참조)

중앙정부차원의 계획은 지하매설물 관리체계를 전산화하는 제도정비방안과 그 조직체계를 구성하며 각 조직이 어떤 역할을 해야하는지에 대한 대략적 방향은 제시하고 있으나, 지방정부차원에서 과연 그러한 지방협의체가 어떤 부서가 중심이 되어 역할을 맡게 될 지에 대한 구체적인 안은 제시되지 않은 상태로 서울시의 입장에서는 다음과 같은 대안을 고려해 볼 수 있다.

· 대안 1

국토개발연구원에서 제시한 중앙과 지방 협의체로 구성되며 실질적으로 이러한 지방협의체는 지하매설물 관리기관협의체로서 지리정보과 산하에 놓이며, 도로관리과와는 유기적으로 움직이도록 하는 방안이다.

· 대안 2

지하매설물 데이터베이스의 구축 및 유지관리 업무는 지방자치단체의 입장으로 보면 지하매설물에 대한 통합정보를 필요로 한다는 측면에서 도로국 내 도로관리과가 업무상 가장 밀접한 관련이 있다. 그러나 실제 도로시설물의 관리는 본청이 아닌 구청 토목과가 담당하며, 도로의 관리에 있어서도 시도와 구도가 구분되어 관리주체가 이원화되어 있는 형편이어서, 데이터베이스의 양이 많고 수시관리가 필요한 업무의 데이터베이스 관리를 신속히 하고 질적수준을 유지하기 위해서는 재단법인 형태의 제3의 전문기관을 설립하여 운영하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

지하매설물 관리기관 협의체가 구성된 후 지하

매설물 초기 자료 입력주체, 입력비용의 분담문제, 구축된 자료의 공유문제등에 대한 상세한 내용들이 논의되어야 할 것이다.

결 론

우리는 앞에서 지하매설물 관리에 있어 많은 문제점이 있으며 그러한 문제점에 대한 해결방안으로서 GIS의 도입에 따른 가능성을 제시해보았다. 그리고 실제로 국가사업 및 서울시 사업에 있어서도 GIS의 도입이 현실화되면서 여러 가지 계획이 수립되고 있음을 알 수 있었고, 실질적으로 데이터베이스가 어떠한 방식으로 구축되며, 유지관리되어야 할 지에 대해서도 언급하였다. 한가지 여기에서 언급하고 싶은 것은 데이터베이스의 구축은 전체적으로 볼 때는 시스템 개발이라는 전체적인 맥락의 앞부분이라는 것이다. 즉 지하매설물 데이터베이스가 상수도관리시스템에서 사용될 것인지, 방재시스템에서 사용될 것인지 혹은 도로관리시스템에서 도로굴착 및 접용허가 업무를 위해 사용될 것인지 등에 따라 데이터베이스 구조 및 내용이 달라질 수 있다. 본 글에서는 데이터베이스 구축의 방법에 대해 주로 초점을 맞추었으나 이러한 것은 시스템 구축과 맞물려 고려하는 것이 바람직하다는 것이다.

또 하나는 선진외국에서 GIS를 이용하여 시설물들에 대한 체계적 관리를 하며 지하매설물과 같은 경우 재난예측 및 사고가 발생한 경우 긴급복구에도 적극적으로 활용되고 있음을 보면서 우리나라에서도 GIS의 도입으로 현재 복잡하게 얽혀있고 관리하기 힘든 지하매설물에 대해 체계적인 관리가 가능해지리라는 것을 예견해 본다. 하지만 GIS의 도입이 모든 것을 해결해 주는 만능상사는 아니며 GIS의 도입에 의한 효과가 가시화 되기위해서는 그 이전에 원시자료의 정비와 데이터베이스의 구축 등에 많은 시간과 비용이 투자되어야 하며, 특히 지하매설물의 경우 관리주체가 상이하

기 때문에 지하매설물 관리기관 협의체 구성 등을 통해 자료입력, 비용분담, 자료공유 등의 문제가 긴밀하게 논의되어야 할 것이다. 또한 지방정부의 경우 GIS분야는 단기간에 투자비용에 대한 효과를 거둘 수 있는 분야가 아니며 장기적이며 지속적 투자가 이루어져야 하며 신 기술에 대한 공무원 교육과 계속되는 행정적 뒷받침 등 많은 노력이 지속되어야 하는 분야라는 것을 언급하고 싶다.

참 고 문 헌

- 강영옥, 조태영, 1996, 지하매설물의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 구축방안, 서울시정개발연구원.
- 광주직할시, 1993, 도시종합정보시스템 항측지형도 제작 및 지상·지하시설물 탐사 수치화 용역 용역결과 보고서.
- 국토개발연구원, 1997, 지하매설물 관리체계 개발 계획.
- 김 영, 1995, "도시 지하시설물 관리를 위한 GIS 도입 방안. 도시문제, 8월호, 대한지방행정공제회, 34-55.
- 김영표, 1996, "지하매설물 관리를 위한 GIS 활용 방안", 국가지리 정보체계 구축에 따른 지방정부의 대응방안, 1996년도 추계세미나, 중앙대학교 산업경영연구소.
- 임송태, 1995, "우리나라 도시 지하시설물 관리상의 문제점", 도시문제, 8월호, 대한지방행정공제회, 22-33.
- 장영희 외 5인, 1996, 서울시 GIS 기본도 구축을 위한 기술지침연구, 서울시정개발연구원.
- 정무용, 1995, "우리나라 도시 지하시설물 설치실태와 문제점", 도시문제, 8월호, 대한지방행정공제회, 9-21.
- 한국전산원, 1996, 국가지리정보체계(NGIS)의 국가기본도표준(안) -지형지물 및 속성부호- 버전1.0, 국가GIS(NGIS)표준화분과.
- 한국전산원, 1996, GIS 표준화 : 지하매설물도 표준 초안, N114-3, 국가 GIS(NGIS)표준화분과.
- 한국항공, 1992, 광주시 상하수도 관리시스템.
- Bruce A. Walker, Jr. and Wei-Ning Xiang, 1993, Application of GIS to Sewer Alignment Design.
- Cantrell, C. J., D. N. Bloesing, and E. H. Burgess, 1992, "Integration of a water distribution management system with a geographic information system for Newport, Kentucky", URISA proceedings, 1 : 109-119.
- Johnson, J., D. Akagi, and J. Thorpe, 1992, "Applying AM/FM Technologies to Sewer and Storm Drain Condition Assessment", Proceedings of GIS/LIS, 1 : 363-373.
- Mahoney, R. P., 1991, "GIS and Utilities", edited by D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind, Geographical information systems : Principles and Application, 101-114.
- Robert L. Riggs, 1993, "Application of AM/FM/GIS technology to the pipeline industry", AM/FM/GIS Proceeding.
- URISA, 1996, GIS and Information Systems Integration, URISA Workshop Manual.