지하시설물도 품질향상방안 연구

*신동빈 · **박경호 · **김지홍
【*국토연구원 GIS연구센터, **G608컨설팅 그룹】

1. 서 론

지하시설물 전산화는 상·하수도, 광역상수도, 가스, 전기, 통신, 송유관, 난방열관 등 지하에 매설된 시설물의 위치 및 속성을 조사·탐사하고 데이터베이스로 입력함으로써, 지하시설물을 체계적, 과학적으로 관리하고자 함에 있다. 지하시설물도 전산화사업이 시작되면서 정확도를 확보하기 위한 기준으로서 지하시설물도작성 작업규칙 및 관련지침 등이 제시되었다. 그러나, 지하시설물도 전산화를 추진하면서 이러한 작업규정이 다소 미흡한 측면도 있었던 게 사실이다. 지하시설물도 전산화를 추진하면서 나타난 문제점을 해소하고 보다 정확한 지하시설물도 제작을 위한 노력은 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 1998년부터 2001년도에 전국 19개 거점도시에서 상·하수도 전산화사업을 수행한 각 지자체 사업결과물에 대한 분석범위로 한정한다. 본 연구의 목적은 지하시설물도 전산화사업의 검수결과 및 경험을 토대로 지하시설물도 구축시 발생될 수 있는 오류요인들을 지하시설물도 전산화 과정별로 체계적으로 분석하며, 지하시설물도 품질확보 방안을 제시하는데 있다.

2. 지하시설물도 품질확보(Quality Control)의 정의

일반적으로 품질확보(Quality Control)라 함은 어떤 표준이나 한계를 정해놓고 이에 맞도록 어떤 행동을 제어해 나가는 것을 뜻한다. 이를 지하시설물도 제작단계에 적용하면, 지하시설물도 품질확보(Quality Control)란 작성된 지하시설물도가 제시된 작업절차 및 표준을 준수했는지를 파악하고, 향후 이용목적에 얼마나 적합한지를 판단하여 잘못된 부분에 대해서 수정·보완하도록 조치하여 완전한 데이터를 구축하도록 하는 일련의 과정이라 할 수 있는데, 흔히 "지하시설물도 데이터베이스 검수"라고도 불린다. 지리정보시스템을 구축하는 과정에서 데이터 구축 부문은 60~70% 이상을 차지하고 있으며, 구축된 데이터의 정확도가 보장되지 않으면 시설물 관리뿐만 아니라 데이터 분석에 의한 의사결정에 큰 오류를 범할 수 있기 때문에 철저한 품질관리가 요구된다. 지하시설물 품질확보는 제작된 지하시설물 데이터의 오류를 최소화시켜 지하시설물도 이용효율을 향상시키고 추후 유지관리비용도 절감할 수 있도록 해 준다.

외국의 지리정보시스템 데이터 품질확보와 관련해서 영국 OS의 품질관리에 대한 내용을 살펴보면, 주요 내용은 데이터 연혁, 위치정확성, 속성정확성, 논리적 일

관성, 완전성, 현재성 등을 규정하고 있다. 데이터 연혁은 원시자료에 대해 설명하는 부분으로 지하시설물도에서는 성과관리 파일에 해당된다. 위치정확성은 실제 세계의 대상에 대한 수치표현이 실제 공간위치와의 일치성을 나타내는 것으로, 지하시설물도에서는 '현장지리조사, 지상시설물 입력, 관로 조사·탐사, 야장작성, 원도작성, 정위치편집' 의 각 단계별로 품질관리가 필요하다. 속성정확성은 관련 지하시설물 속성 또는 제원의 정확도에 대한 것으로 '관로 조사·탐사, 야장작성, 원도작성, 정위치편집' 단계에서 품질관리가 필요하다. 논리적 일관성은 데이터들 상호간의 관계에 대한 충실성을 나타내며, 지하시설물도에서는 조사·탐사된 관로 연결의 일관성 및 위상구조 작성의 일관성에 대한 품질관리가 필요하다. 완전성은 지도제작과 관련된 선택기준, 정의, 규칙 등의 정보를 제공하는데, 지하시설물도에서는 정위치편집 데이터의 표준기호 및 심볼 사용 적정성, 속성설계내역과 속성코드와의 일치성 등에 대한 품질관리가 필요하다. 현재성은 데이터 갱신정도에 대한 측정값을 나타내며 지하시설물도에서는 기본도 데이터 보완작업의 현재성 및 현장에서의 관로 조사·탐사의 현재성에 대한 품질관리가 필요하다. 국내에서는 국립지리원의 수치지도작성작업규칙상 품질확보를 위한 검수항목을 규정하고 있으나, 지하시설물도 작성과 관련된 품질확보 지침 또는 검수항목은 규정되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 지하시설물도 구축 성과에 대한 일관된 품질을 확보하기가 쉽지 않다. 지하시설물도 제작 단계별로 품질관리 항목은 <표 1>과 같이 측정될 수 있다.

〈표 1〉 지하시설물 제작과정별 품질요건 및 측정방법

제작과정 / 품질항목	현장 지리조사	지상시설 물입력	관로조사·탐사	야장작성	원도작성	정위치 편집	구조화 편집
데이터 연혁						○	
위치정확성	○	○	○	○	○	○	
속성정확성			○	○	○	○	
논리적일관성			○				○
완전성		○				○	○
현재성	○		○				
검수 방법	현장검수	육안검수 시스템 검수	현장검수	육안검수	육안검수	육안검수 시스템 검수	시스템 검수

지하시설물도 오류측정 방법은 현장검수와 데이터검수로 나뉜다. 현장검수는 지하시설물도 제작에 활용할 기본도의 정확도 및 현재성 측정을 위해 수행하는 기본도검수와 지하시설물 조사·탐사 성과의 정확도 측정을 위해 수행하는 조사·탐사 검수로 구분된다. 또한, 데이터검수는 지하시설물 원도 등이 적절히 입력되었는지 확인하는 육안검수, 지하시설물 레이어, 속성, 관로연결 등이 작업규정 및 표준에 적합한지 확인하는 시스템검수로 구분된다. 지하시설물도 오류측정 방법별 현장검수항목 및 데이터검수 항목은 <표 2> 및 <표 3> 과 같다.

〈표 2〉 지하시설물도 현장검수 항목

검수 방법	품질항목	검수 항목
기본도 검수	위치정확성	ㅇ지형지물의 위치정확성 ㅇ지상노출 지하시설물 위치정확성
	현재성	ㅇ지형지물(도로, 건물, 주기, 전주, 전력주 등)의 누락 ㅇ지형지물의 오기 ㅇ지상노출 지하시설물(맨홀, 변류 등) 누락 ㅇ지상노출 지하시설물 오기
조사·탐사 검수	위치정확성	ㅇ관로 위치정확성
	속성정확성	ㅇ관로속성(제원, 관종, 관경, 심도, 연장, 유수방향 등) 누락 ㅇ관로속성(제원, 관종, 관경, 심도, 연장, 유수방향 등) 오기
	논리적일관성	ㅇ관로 누락 ㅇ속성 표기의 일관성 ㅇ관로 연결의 논리적 일관성
	현재성	ㅇ대장조서 자료에 의한 데이터 입력
	기타	ㅇ타시설물 탐사 ㅇ탐사되는 관로의 불탐처리

〈표 3〉 지하시설물도 데이터검수 항목

검수 방법	품질 항목	검수 항목
육안 검수	위치정확성	ㅇ현장지리조사 야장과 출력도의 시설물 일치성 ㅇ조사·탐사 야장, 원도, 출력도의 관로 일치성 ㅇ원도와 출력도의 도곽경계 일치성 ㅇ조사·탐사 야장, 원도, 출력도 인접도엽 관로 일치성
	속성정확성	ㅇ조사·탐사 야장, 원도, 출력도의 제원표기 정확성 ㅇ현장지리조사 야장과 출력도의 시설물 심볼 일치성 ㅇ조사·탐사 야장, 원도, 출력도의 관로 심볼 일치성 ㅇ출력도의 시설물 누락 여부
시스템 검수	데이터 연혁	ㅇ도곽좌표 및 좌표단위 정확성 ㅇ도엽번호 부여의 정확성 ㅇ데이터 읽기 정확성 ㅇ성과관리파일 작성의 정확성 ㅇ레이어 분류 및 심볼의 정확성
	위치정확성	ㅇ인접도곽 경계 일치성 ㅇ인접도엽 관로의 일치성
	속성정확성	ㅇ속성데이터의 정확성 ㅇ관로 연장의 일치성
	논리적 일관성	ㅇ전체 관로의 연결성 ㅇ관로방향의 논리적 일관성 ㅇ관로상에 존재하지 않는 지상노출 지하시설물 ㅇ도곽경계에 대한 기준선 초과 및 미달 오류 ㅇ데이터 중복 오류 ㅇ면의 미폐합 오류 ㅇ레이블 누락 및 중복 오류 ㅇ노드 생성 오기 및 미생성 오류
	완전성	ㅇ데이터 설계서와 속성데이터의 일치성 ㅇ레이어 및 심볼의 정확성 ㅇ레이어 및 필드의 누락 오류

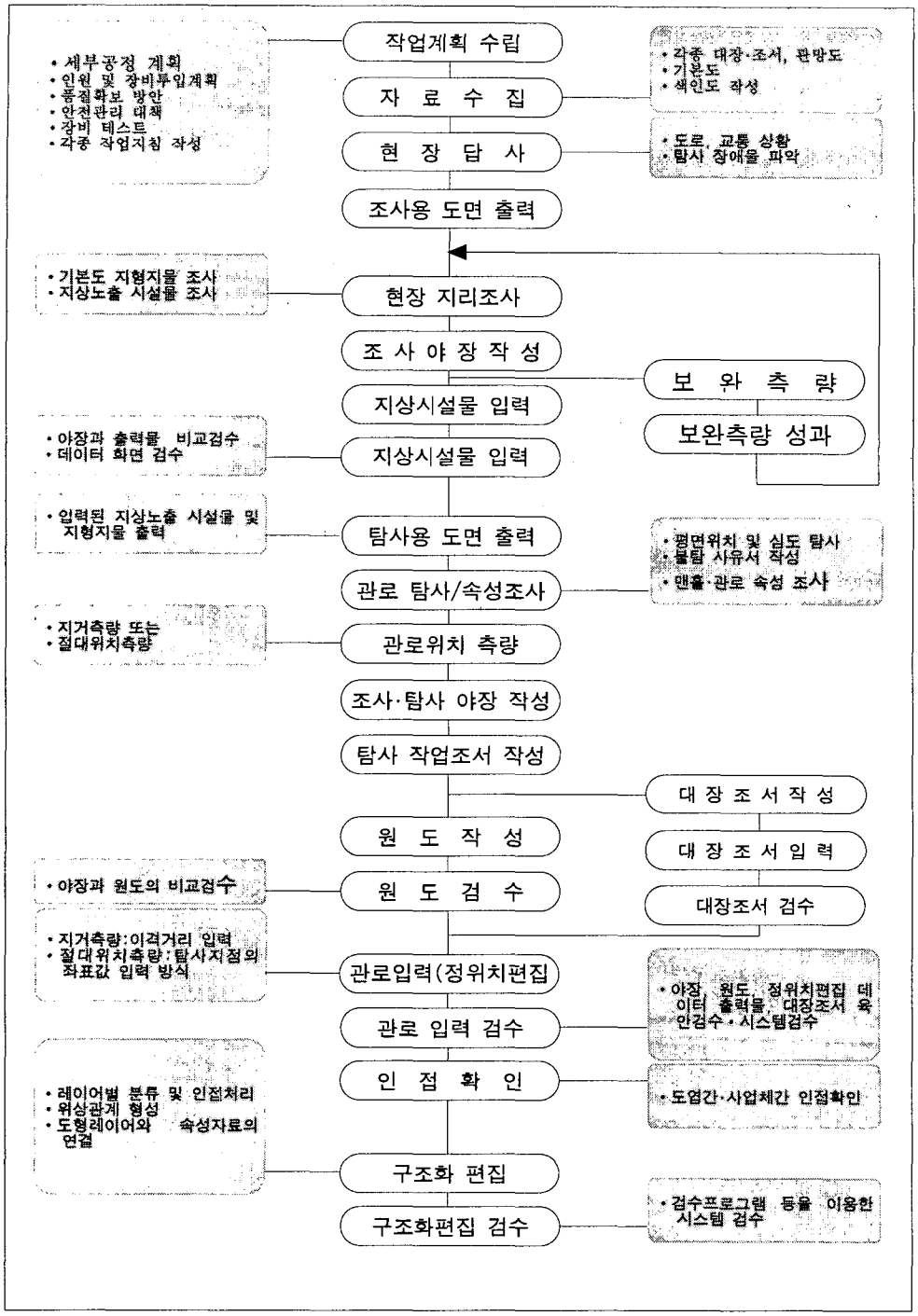
3. 지하시설물도 구축 절차별 오류 분석

지하시설물도 구축 과정은 대략 현장 조사·탐사 과정, 조사·탐사 성과에 대한 데이터 입력 과정(정위치편집), 대장작성 및 속성입력 과정, GIS데이터 생성과정(구조화편집)으로 나뉜다. 각 단계별로 구체적인 작업방법은 시설물 관리기관 여건, 사업자 작업 노하우 등에 따라 다를 수 있다. 예로써, 현장 조사·탐사시 시설물의 위치측정 방법 중에서 지거측량 또는 기준점을 이용한 측량(절대위치측량) 방법이 있으며, 현장 야장 작성 및 원도 작성 방법이 지자체별 또는 컨소시엄 사업체별로 서로 다르게 작성될 수 있다. 이렇게 지하시설물도 구축 방법이 서로 상이한 것은 지하시설물도작성 작업규칙에서 작업과정별로 상세한 지침이 부족한 데에 기인하며, 이것이 데이터의 품질관리를 어렵게 하는 주요 요인 중의 하나이다. 지하시설물도 데이터베이스 구축시 컨소시엄 사업체별 또는 작업 수행자간의 일관된 작업수행은 일정 수준의 품질확보를 위해서 필요사항 중 하나이다. 따라서, 지하시설물도 구축

과정 및 상세 작업방법을 지자체 여건 등에 알맞게 구조화할 필요성이 있다. <그림 1>은 지하시설물도 구축절차에 대한 일반적인 모형이다. 여기서는 지하시설물도 구축 절차별로 발생될 수 있는 오류를 분석하고, 지하시설물도 품질확보를 위해 확인해야 할 사항들을 기술하였다.

3.1 작업계획 수립

지하시설물 구축에 대한 세부적인 작업계획을 수립하는 단계이다. 조사·탐사 및 데이터베이스 구축 세부 공정계획을 수립하고, 인원 및 장비투입계획, 각종 작업지침, 품질확보 방안, 보안 및 안전대책 등을 수립해야 한다. 세부 공정계획은 조사·탐사 및 데이터베이스 구축 단계를 세분하여 수립하고 특히, 조사·탐사 작업지침, 야장작성 지침, 원도작성 지침, 데이터 입력 지침 등을 상세히 작성하고 모든 작업자가 공유할 수 있어야 하며, 변경된 사항에 대해서 지속적으로 관리될 수 있어야 한다. 작업계획 수립 단계에서 발생되는 오류는 작성된 작업지침이 실제 작업지침과 다른 경우, 작업자간 작업성과물이 다른 경우이다. 예로서, 관로 심도 측정시 지침상에는 하단심도를 측정하도록 되어 있으나, 실제 작업에서는 상단심도 또는 하단심도로 작업이 되는 경우가 있다. 이는 작업지침의 공유 및 지속적인 관리가 부족해서 발생한 예라고 할 수 있다.



〈그림 1〉 지하시설물도 구축 절차

3.2 현장지리조사 및 입력

기본도의 정확도를 확인하고, 누락된 지형지물에 대한 조사, 현지보완측량, 지상에 노출된 지하시설물을 조사하고 데이터로 입력하는 과정이다. 여기에서 지하시설물 위치측량시 지거측량을 사용하는 경우에는 기본도 정확도 확인과정은 매우 중요하다. 지하시설물 위치는 기본도의 지형지물로부터의 상대적인 이격거리를 측정하므로, 기본도가 현황과 상이한 경우에는 측정된 지하시설물의 위치도 부정확해지기 때문이다. 지하시설물 위치측량시 국가기준점으로부터의 절대위치측량 방법도 활용되고 있으나, 지거측량에 비해서 지하시설물 관리자가 현장에서 직접 확인하는 데에는 어려움이 따르므로 기본도가 부정확할 경우 활용성 측면에서는 다소 떨어진다고 볼 수 있다. 기본도가 현황과 상이한 경우에는 현지보완측량을 실시하도록 하고 있다. 현지보완측량 과정에서는 토탈스테이션을 이용한 측량 방법을 사용하고 있으나, 도로선 위의 TP점과 다른 TP점 사이의 측정되지 않은 점에 대한 위치 정확성을 보장할 수 없다는 한계가 있다.

3.3 관로 조사·탐사 및 입력(정위치편집)

관로 조사·탐사 및 입력 과정은 탐사장비를 이용하여 관로의 위치 및 심도를 탐사 및 측량하고 관로의 속성을 조사한 후 데이터 입력툴을 활용하여 데이터로 입력하는 과정이다. 관로 조사·탐사 및 데이터 입력과정은 구체적으로 조사·탐사, 야장작성, 원도작성, 데이터 입력의 순서로 이루어진다. 현장 조사·탐사 과정에서는 탐사작업자의 경험 미숙에 의한 탐사오류, 지형지물이 현황과 다른 지역에서의 관로 위치오류 등이 발생된다. 데이터입력 작업자는 현장야장 및 원도에 작성된 도면을 근거로 입력작업을 수행하므로 야장작성 및 원도 작성 작업지침이 중요한 이유가 여기에 있다. 데이터 검수결과 야장, 원도, 입력된 데이터가 상호 불일치하는 경우가 종종 발생하게 된다. 또한, 데이터 입력과정은 관로 등 도형정보 뿐만 아니라 대장조서 데이터 입력을 포함한다. 데이터 입력은 야장 및 원도에 작성된 관로의 위치, 심도, 제원 등의 내역을 관로 입력 지침에 따라 데이터로 입력하는 과정이다. 관로 입력 지침에는 지하시설물 레이어 및 심볼 설계 내역, 시설물 입력방법, 제원입력방법 등이 정의되어야 하며, 국가지리정보체계에서 정의하고 있는 표준 레이어에 정의되어 있지 않은 시설물의 경우에는 계획기관과 협의후 추가 작성되어야 한다. 관로의 위치 입력시에는 지거측량의 경우 기준되는 지형지물로부터의 이격거리를 직접 입력하는 방법이 사용되며, 절대위치측량의 경우 토탈스테이션을 이용한 측량 등 측량성과를 다각측량계산부에 의해 계산된 x,y 좌표를 직접 입력하는 방법이 사용되고 있다. 관로의 제원표기는 지하시설물도작성 작업규칙에 따라 입력된다. 입력이 완료되면, 도엽간 인접확인 작업을 실시하며, 필요한 경우 현장확인 작업이 수반된다.

3.4 구조화 편집

완성된 지하시설물도를 지하시설물 응용시스템에서 활용할 수 있도록 정위치편집이 완료된 지하시설물을 GIS데이터 형태로 변환 및 가공하는 과정이다. 이는 GIS 편집 소프트웨어를 이용하여 지하시설물 및 관로의 위상관계를 형성하고 속성 데이터베이스와 연결하는 작업이다.

4. 지하시설물도 품질확보 방안

지하시설물도는 '기본도 출력, 현장지리조사, 현장지리조사 야장작성, 현장지리조사 사항 DB입력, 현장조사·탐사, 현장조사·탐사 야장작성, 현장조사·탐사 이기도면작성, 현장조사·탐사 원도작성, 현장조사·탐사 성과 DB입력, 도엽간 인접확인, 데이터 변환, 구조화편집' 등의 다양한 과정을 통해 작성된다. Deming은 품질 문제의 80%는 작업과정상에 있으며, 오직 20%만이 개개인의 작업능력과 관련된다고 주장하였다. 따라서 품질문제의 80%는 효율적인 처리과정을 개발함으로써 제거될 수 있다고 하였다.(Epner, 1993) 지하시설물도 오류 내용 중 상당부분이 여러 단계의 작업과정을 거치면서 현장탐사 및 측량작업과 데이터 입력 등 서로 다른 전문분야를 가진 작업자로의 처리과정에서 나타나는 경우가 많이 있다. 지하시설물도 품질확보를 위해서는 지하시설물도 작업단계별 처리 과정을 효율적으로 개발 및 관리함으로써 목표를 달성할 수 있을 것이다.

따라서, 지하시설물도 품질확보를 위한 방안으로는 다음과 같이 몇 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 지하시설물도 작성을 위한 작업계획 수립시 지하시설물도 작성 단계별로 작업지침 및 방법이 상세히 작성되어야 한다. 둘째, 지하시설물 작성 단계별로 다단계 중복검수 과정이 필요하다. 지하시설물도는 현장작업 과정과 실내작업 과정으로 구분될 수 있으며, 각 과정별로 효율적인 검수과정을 통해서 오류를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 셋째, 지하시설물도작성 작업규칙 및 세부지침상의 불필요한 작업절차의 제거 및 지하시설물도 정확도 기준 마련이 필요하다. 넷째, 지도제작 방법에 대한 최신기술 도입이 필요하다. 이와 같은 자동화된 자료수집 과정은 지하시설물도 작업단계를 획기적으로 줄일 수 있으므로 오차발생요인을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

5. 결 론

지하시설물도 작성 과정은 현장 조사·탐사와 데이터 입력 과정 중에서 다양한 작업절차가 포함되어 있으며, 이러한 작업과정상에서 발생될 수 있는 문제들을 효율적으로 제거함으로써 지하시설물도 품질은 확보될 수 있다. 본 연구에서는 여러 지자체의 상·하수도 지하시설물도 검수를 통하여 오류발생 원인을 분석하였으며, 지하시설물도 제작 과정의 표준화 등을 통해서 품질확보 방안을 제시하였다. 일단 지하

시설물도 제작이 완료된 이후에는 지하시설물 유지관리 과정이 매우 중요하다고 할 수 있다. 지하시설물 공사로 인한 매설 시점의 준공도의 정확한 관리가 이루어진다면 탐사를 통해서 지하시설물을 구축하는 것보다 훨씬 정확한 정보를 얻을 수 있다. 따라서, 지하시설물 구축 이후 관로의 신설, 확장, 유지보수 등 지하시설물 자료의 변동사항이 발생된 경우에는 이를 적시에 변경할 수 있는 관리체제 마련이 필수적으로 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

1. 국토연구원, 1998년 정보화근로사업 지하시설물도 검수보고서, 1999
2. 국토연구원, 1998년 정보화근로사업 지하시설물 측량의 정확도 향상방안 연구,
3. 국토연구원, 1998년 정보화근로사업 지하시설물도 검수결과, 1999
4. 국토연구원, 1999년 공공근로사업 지하시설물도 검수결과, 2000
5. 국토연구원, 2000년 지하시설물도 전산화사업 검수결과, 2001
6. 국토연구원, 1998년 정보화근로사업 주제도 검수보고서, 1999
7. 국토연구원, 수치지도 정확도 향상방안 연구, 1997
8. National Institute of Standards and Technology, Federal Information Processing Standard Publication 173 (Spatial Data Transfer Standard Part 1. Version 1.1), U.S. Department of Commerce, 1994
9. Ordnance Survey, "Quality System Specification", Crown, 1995
10. Martin Epner and Barbara Parmenter, "Competitive Utility Environments Require Total Qaulity Management Techniques", GIS World, Vol.6, No.3, 1993, pp.38-41