

NEW TECHNOLOGY + 01

지하 안전사고 예방을 위한 지하공간 데이터 품질검증 개선방안

배상근 / LH한국국토정보공사 공간정보연구원 책임연구원

지하공간에서 발생하는 생활기반시설의 안전사고는 인적·물적 피해를 일으키고 막대한 사회적 비용을 소모시킨다. 그러나 이러한 사고의 상당수는 사전에 충분히 예방할 수 있으며, 이를 예방하기 위해선 지하공간 데이터의 정확성과 신뢰성을 향상시켜야 한다.



1. 개요

상·하수도, 가스, 전기, 지하철, 지하도상가, 지하차도... 우리가 일상생활에서 늘 이용하는 시설물이다. 이러한 시설물은 우리 생활에 반드시 필요한 기반 시설물로서 국민 생활을 좀 더 편리하고 윤택하게 한다. 주요 기반 시설물이라는 사실 외에 이들의 또 다른 공통점은 모두 '지하공간'에 위치한다는 점이다. 급속한 도시화·산업화 등으로 인해 지하공간 개발이 활발히 이루어지면서, 공간의 효율적 활용을 위해 다양한 시설물을 지하에 매설하였다. 이렇듯 지하공간은 우리 국토의 일부이자 많은 기반 시설물이 위치한 소중한 자원이기 때문에, 안전하고 효율적으로 이용하고 관리하는 것이 매우 중요하다. 그러나 그동안 지하공간 데이터의 구축과 관리는 지상에 비해 상대적으로 미흡했던 탓에 여러 사건·사고가 발생하였다.

특히 1994년 서울 아현동 가스폭발사고와 1995년 대구 상인동 가스폭발사고는 국내에 GIS가 본격적으로 도입되고 제1차 국가지리정보체계(NGIS) 사업이 추진되는 계기가 되었다. 정부 주도의 이 사업을 통해 지형도, 지적도, 지하시설물도 등 종이도면에 대한 전산화 작업이 이루어졌다.

그로부터 약 20년이 지난 2014년에는 전국 각지에서 싱크홀이 연이어 발생함에 따라 국가 차원에서의 대책을

마련하기 시작하였고, 그 해결책의 일환으로 2015년부터 15종의 지하정보를 통합한 지하공간통합지도 구축사업이 진행되고 있다. 그러나 이후에도 서울 아현동 통신구 화재, 고양시 온수관 파열, 서울 상도동과 경기도 구리시 지반 침하 등 지하공간에서의 사고가 지속되고 있어, 지하공간 데이터 품질 향상이 매우 필요한 시점이다. 따라서 본고에서는 지하공간의 안전사고 예방과 효율적 관리를 위해 지하공간 데이터의 품질을 검증하기 위한 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 지하공간 데이터 품질검증 개선방안

현재 국내에서 사용되는 대표적인 공간데이터 품질기준으로는 국토교통부의 「국가공간정보센터 운영 세부규정」, 「실내공간정보 구축 작업규정」, 「지하공간통합지도 제작 작업규정」과 국토지리정보원의 「3차원 국토공간정보구축 작업 규정」 등에 포함된 품질검사 기준이 있다. 이 기준들은 공간데이터 품질 관련 국제 표준인 ISO 19157을 기반으로 제정되었으며, 데이터의 완전성, 논리일관성, 위치정확성, 주제정확성, 시간정확성 등을 점검함으로써 품질을 평가한다.

이 중 「지하공간통합지도 제작 작업규정」은 2018년에 제정되어 지하공간통합지도 구축사업 시 데이터 구축 및

표 1. 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 데이터 품질검사 기준

품질 요소	세부요소	세세부 요소	품질검사 기준	품질검사 방법 및 대상		
				지하시설물 (구조물형)	지하시설물 (관로형)	지반
안전성	누락	대상객체 누락	표준데이터 항목의 누락된 객체 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
논리 일관성 (기준)	개념 일관성	세밀도(가시화) 일관성	세밀도(가시화) 제작기준에 맞게 제작되었는지 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	위상 일관성	2차원정보 일관성	2차원 정보의 위상조건 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		3차원정보 일관성	3차원 정보의 위상조건 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
위치 정확성 (공간)	절대적 또는 외적 정확성	기준좌표계 정확성	기준좌표계의 적용 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		2차원 위치정보 정확성	2차원 정보의 위치정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		3차원 위치정보 정확성	3차원 정보의 위치정확성 확인	실내검사 (표본20%) 현장검사 (표본 2%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
상대적 또는 내적 정확성	2차원정보 경계인접	2차원 정보의 경계인접부 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사	
		3차원정보 경계인접	3차원 정보의 경계인접부 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
주제 정확성 (속성)	분류 정확성	항목 분류 정확성	표준데이터 항목의 분류 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	논리 정확성	논리정확성	구조화 테이블 설계서 적용여부 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	속성 정확성	속성내용 불일치	속성내용 불일치 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		속성내용누락	속성내용 누락 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
기타	관리파일 작성오류	메타데이터 누락	메타데이터의 작성 및 오류여부 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사
	성과품 누락	성과품 누락	최종성과품의 누락여부 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사
	성과 탑재 적정성	성과 탑재 적정성	최종성과품의 시스템 환경 탑재 적정성 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사

품질검사에 활용되고 있다. 기존 데이터와 향후 구축될 데이터 간 일관성 및 호환성을 유지하기 위해서는 기존과 완전히 다른 신규 기준을 개발하는 것보다는 기존 내용의 수정·보완을 통해 실무자들의 업무 효율성을 제고하는 것이 더 효과적일 것이다. 따라서 본고에서는 현재의 품질검사 기준을 토대로 이를 개선하기 위한 방안을 제시하였다.

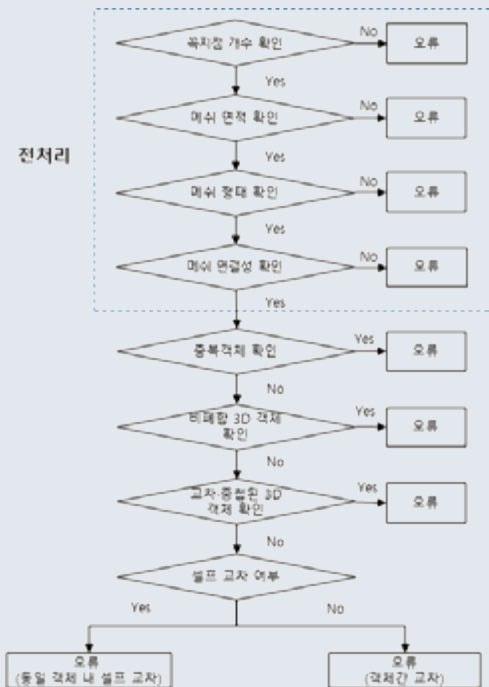
<표 1>은 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 품질검사 기준이다. 표에서도 볼 수 있듯이 품질검사 기준이 매우

모호하고 불명확하다. 예를 들어 '논리 일관성' 중 '2차원정보 일관성'의 품질검사 기준은 "2차원 정보의 위상조건 확인"이라 기술되어 있다. 어떠한 2차원 정보의 어떠한 위상조건을 확인하고, 어떠한 경우에 오류로 판단할 수 있는지에 대한 구체적인 내용이 전혀 명시되어 있지 않다. 이로 인해 검수과정에서 작업자의 주관적인 판단이 개입할 여지가 매우 크고 이는 곧 검수방법의 통일성과 일관성을 결여시킴으로써, 결과적으로는 데이터의 품질을 저하시키는

표 2. 지하공간 데이터 품질검사 기준 개선방안(예시)

현재 작업규정 내 항목				신규 개발 항목				
품질요소	세부요소	세부요소	품질검사 기준	품질검사 방법	품질검사 규칙(알고리즘)	Flow Diagram	해결 가능 오류유형	비고
연관성 (일관성)	연속 관측	2차원정보	- 2차원 데이터에 대한 위상조건 적정성 확인	- 2차원 데이터의 공간적 위상 및 기하구조 적정성 확인	1. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출 2. 비폐합된 폴리곤 추출 3. 교차 중첩한 객체(포인트 라인, 폴리곤) 추출 (라인 및 폴리곤 유효표지, 폴리곤의 라인간, 포인트와 폴리곤, 라인과 폴리곤의 교차 중첩)		해결 가능 오류유형 제시	
		3차원정보	- 3차원 모델에 대한 위상조건 적정성 확인	- 3차원 데이터의 위상 및 기하구조 적정성 (누락/중복/교차중첩 등) 확인	1. 전처리 1-1. 단위 메쉬를 구성하는 꼭짓점 개수 확인 1-1-1. 기준과 동일: 통과 1-1-2. 기준과 다름: 오류 1-2. 단위 메쉬 면적 확인 1-2-1. 면적기준 내: 통과 1-2-2. 면적기준 밖: 오류 1-3. 단위 메쉬 형태 유효성 확인(edge 길이, 비율 등) 1-3-1. 유효범위 내: 통과 1-3-2. 유효범위 밖: 오류 1-4. 단위 메쉬의 연결성 확인 1-4-1. 기준 개수(N개) 이상의 메쉬와 연결성 존재: 통과 1-4-2. 기준 개수(N개) 미만의 메쉬와 연결성 존재: 오류 2. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출 3. 비폐합된 3D 객체 추출 4. 교차 중첩된 3D 객체 추출 (셀프교차, 객체 간 교차)		객체 중복, 비폐합 객체, 객체 교차 및 중첩	

표 3. 데이터 자동검수를 위한 세부절차 및 기준(예시)



<3차원 데이터 위상일관성 품질검증 절차>

1. 전처리
 - 1-1. 단위 메쉬를 구성하는 꼭짓점 개수 확인
 - 1-1-1. 기준과 동일: 통과
 - 1-1-2. 기준과 다름: 오류
 - 1-2. 단위 메쉬 면적 확인
 - 1-2-1. 면적기준 내: 통과
 - 1-2-2. 면적기준 밖: 오류
 - 1-3. 단위 메쉬 형태 유효성 확인(edge 길이, 비율 등)
 - 1-3-1. 유효범위 내: 통과
 - 1-3-2. 유효범위 밖: 오류
 - 1-4. 단위 메쉬의 연결성 확인
 - 1-4-1. 기준 개수(N개) 이상의 메쉬와 연결성 존재: 통과
 - 1-4-2. 기준 개수(N개) 미만의 메쉬와 연결성 존재: 오류
2. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출
3. 비폐합된 3D 객체 추출
4. 교차 중첩된 3D 객체 추출 (셀프교차, 객체 간 교차)

장애요인이 될 가능성이 높다. 따라서 현재 품질검사 기준을 더 명확화·구체화하여 검수방법을 통일하고, 대부분 육안검수 위주로 진행되고 있는 현재의 검수체계를 품질검증 소프트웨어를 이용한 자동검수체계로 전환하여야 한다. 이에 본고에서는 <그림 1>과 같이 현재 품질검사 기준을 개선하고자 하였다. 현재의 품질검사 항목에 품질검사 방법, 품질검사 규칙, Flow Diagram, 해결 가능 오류유형과 같은 품질검사 항목을 추가함으로써 정확하고 일관된 검수를 할 수 있도록 개선하였다.

특히 품질검사 규칙 항목의 경우 공간데이터의 기하학적 구조와 위상관계를 정의한 기존 자료들을 분석하여, 도형정보의 위상일관성, 위치정확성 등을 검수하기 위한 세부적인 규칙과 알고리즘을 제시하였다. 또한 <표 2>와 같이 데이터 자동검수를 위한 검수 절차와 오류판단 기준을 제시하였다.

3. 마치며

지하공간에서 발생하는 생활기반시설의 안전사고는 인적·물적 피해를 가져오고, 막대한 사회적 비용을 소모시킨다.

그러나 이러한 사고의 상당수는 사전에 충분히 예방할 수 있으며, 지하공간 데이터의 정확성과 신뢰성을 향상시키는 일은 바로 그 예방책의 첫걸음이라 할 수 있다. 지하공간 데이터의 품질향상을 통해 우리 국민 모두가 늘 안전하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있기를 기대한다. 