

한국지형공간정보학회 1999년 학술발표회

# 지하시설물도 전산화 사업의 고품질화 방안

1999. 10. 15

경원대학교 토목환경공학과

박 홍 기

## 1. 서언

땅속에 묻혀있는 상하수관, 전력시설, 가스관, 통신시설 등의 시설물들은 국민생활에 필수 불가결한 도시기반시설이다. 이러한 시설물들의 담당기관이 서로 다르기 때문에 관련자료의 통합활용이 어려우며, 또한 시설물들의 종류가 다양하고 좁은 지역에 집중적으로 매설되어 있어 유지관리가 매우 어려운 실정이다. 따라서 국가에서는 지하시설물도 전산화사업을 추진하고 있다.

도시계획법에 의한 공공시설의 종류 중 유통공급 및 보건위생 시설에 포함되는 도시의 지하시설물들은 그 위치를 측량하기 어렵다는 문제와 각종 공사에서 큰 사고를 유발시킬 수 있다는 위험성 때문에 지하시설물 측량의 정확도 및 현시성에 많은 관심을 갖게 된다.

지하시설물도 전산화사업 등 국가GIS사업의 특성은 데이터베이스 구축에 전체 예산의 약 70-80%정도의 많은 예산이 들어간다는 점과 데이터의 특성상 정확도가 떨어지거나 현시성이 없는 경우에는 전혀 쓸모없는 자료가 된다는 점이다. 즉 이들 자료구축 면에서 정확도가 확보되지 않고서는 많은 예산이 낭비되는 결과가 발생하게 될 것이다.

이를 방지하기 위해 지하시설물도 전산화사업이 시작되면서 시범사업을 통해 정확도를 확보하기 위한 노력을 기울였으며, 그 결과가 작업지침 등에 포함되어 있다. 그러나 지하시설물도 전산화사업을 추진하면서 나타난 문제점들에 대한 대처 및 정확도를 보다 향상시키기 위한 노력은 계속되어야 할 것이다.

## 2. 지하시설물 측량과 자료품질

### 1) 지하시설물 측량의 범위

지하시설물 측량은 『공공측량성과심사처리규정』에 의하면 “지하에 설치·매설된 시설물을 효율적이고 체계적으로 유지관리하기 위하여 지하시설물에 대한 조사·탐사와 도면제작을 위한 측량을 말한다.”로 정의하고 있다.

지하시설물도 제작과 관련한 공공측량 심사는 『공공측량성과심사업무세칙』에 의하면 “현지측량성과 지하시설물 원도, 작업조서, 지하시설물을 입력한 정위치편집화일, 구조화편집화일 및 그에 관한 설명서, 편집된 파일을 출력한 도면, 성과관리 및 점검 파일, 기타 참고자료 등”을 대상으로 하고 있다.

따라서 지하시설물 측량의 범위는 1/1,000 수치지도로부터 지하시설물 기도, 자료조사, 지하시설물 편집도, 현지조사 및 보완측량, 지하시설물 탐사용 도면, 지하시설물 탐사, 지하시설물 원도, 지하시설물도 입력(정위치편집 포함), 도면제작 편집의 일련의 과정을 모두 포함한다고 볼 수 있다.

지하시설물 측량의 정확도는 탐사기기 및 위치측량기기의 정밀도만을 논할 수 없으며, 1/1,000 수치지도와 지하시설물도면 및 작업과정 상의 정확도를 모두 포함하여 분석하여야 한다.

## 2) 자료 품질

일반적인 표현에서 자료의 품질은 'Fitness of use'를 의미하며, ISO8402 표준에서는 "the totality of characteristics of a products of a service that fulfils both the stated and implied needs of a user"로 표현하고 있다.

<표> Quality Indicators and quality parameters in different standards

SDTS (1992)	ICA (1996)	CEN/TC287 (1997)	ISO/TC211 (1997)
Source	Source	Source (Potential) Usage	Overview (Source, Purpose, Usage)
Resolution	Resolution		Resolution
Metric accuracy	Metric accuracy	Metric accuracy	Accuracy
Thematic accuracy	Thematic accuracy	Thematic accuracy	Thematic accuracy
Completeness	Completeness	Completeness	Completeness
Logical consistency	Logical consistency	Logical consistency	Logical consistency
	Semantic accuracy	Meta quality	
	Temporal accuracy	Temporal accuracy	Temporal accuracy
		Homogeneity	
			Testing and Conformance

Source : Henri J.G.L. Aalders, "The registration of quality in a GIS", Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Quality '99, 1999, pp.23-32

품질은 내적 품질(internal quality)과 외적 품질(external quality)로 구분하기도 한다. 내적 품질은 자료 구축 명세서에 얼마나 충실하였느냐를 측정하며, 외적 품질은 이 명세서가 사용자의 요구를 얼마나 만족시키고 있는가를 나타낸다.

품질 지시자는 속성의 형태로 엔티티에 붙일 수 있다. 품질은 품질변수를 나타내는 메타데이터에 저장된다.

### ISO에서의 자료 품질 (ISO TC211, 1999)

#### Completeness

Commission (or over-completeness)

Omission (or missing data)

User defined (data quality subelement or subelements)

#### Logical consistency

Domain consistency

- Format consistency
- Topological consistency
- User defined (data quality subelement or subelements)
- Positional accuracy
  - Absolute or external accuracy
  - Relative or internal accuracy
  - Gridded data position accuracy
  - User defined (data quality subelement or subelements)
- Positional stability
  - Relative positional stability
- Temporal accuracy
  - Accuracy of a time measurement
  - Temporal consistency
  - Temporal validity
  - User defined (data quality subelement or subelements)
- Thematic accuracy
  - Accuracy of a value given to a quantitative attribute
  - Classification correctness
  - User defined (data quality subelement or subelements)
- User defined (data quality subelement or subelements)

### 3) Coordinate-based GIS와 Measurement-based GIS

Goodchild(1999)는 오늘날의 GIS를 정확도측면에서 구분하면서 Coordinate-based GIS와 Measurement-based GIS로 분류하였다. 측량을 전공하는 사람들에게는 익숙한 정확도 개념으로, Coordinate-based GIS는 관측된 지형지물의 위치를 표현하지만 관측값 자체는 아니며, Measurement-based GIS는 지형지물의 위치를 결정하는데 사용된 관측값에 접근할 수 있는 것을 의미한다.

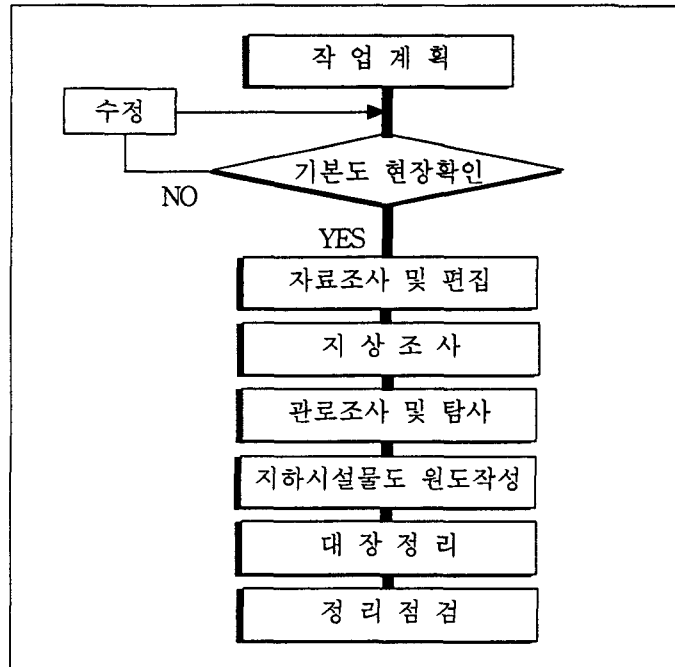
현재의 GIS에서 데이터의 일부를 수정하기 위해 재편집, 갱신작업을 거치게되지만, Measurement-based GIS에서는 해당하는 관측값만 수정하면 해당하는 위치의 모든 정보에 전파되는 효과를 갖는다. 예를 들어 점의 위치를 결정하는 측량관측값에 의해 점이 결정되고, 점들이 결정되면 연결하는 선이 결정되며, 또한 다각형이 결정될 수 있기 때문이다.

통합된 데이터베이스가 서로 다른 위치정확도를 갖을 때, 기존의 Coordinate-based GIS에서는 여러 문제가 발생하게 된다.

Measurement-based GIS를 사용하기 위한 방법은 첫째, GIS 시스템을 새롭게 설계하거나, 둘째, 필요한 요소들을 통합하는 framework을 채택하는 것이다.

### 3. 지하시설물도 전산화 사업

#### 1) 작업과정



<그림 3-1> 지하시설물 측량 작업과정

기존의 지하시설물 측량(조사·탐사) 작업과정을 나타낸 작업의 흐름도는 <그림3-1>과 같은 순서로 작업이 진행된다.

- 1) 작업계획 및 준비
- 2) 기본도 현장확인 및 수정
- 3) 자료조사 및 편집
- 4) 지상조사
- 5) 관로조사 및 탐사
- 6) 지하시설물도 원도작성
- 7) 대장정리
- 8) 정리점검

<표 3-1> 지하시설물 측량과 수치지도화 작업과정

작업과정	세부 작업 과정	준비 자료	점검 성과물
작업계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작업범위 확인과 품질관리 계획                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업규정, 과업지시서 검토</li> </ul> </li> <li>○ 현장답사</li> <li>○ 기초자료 현황 파악</li> <li>○ 착수우선순위 결정</li> <li>○ 세부공정계획 수립</li> <li>○ 인원과 장비의 투입계획                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보안/안전관리, 사업 책임자 지정</li> <li>- 탐사장비 선정</li> </ul> </li> <li>○ 관련자료의 보안계획</li> <li>○ 관련부서와 업무협조</li> <li>○ 문서작성과 제출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작업규정, 과업지시서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세부공정계획표</li> <li>○ 안전관리 대책</li> <li>○ 보안각서</li> <li>○ 작업지역 색인도, 책임자와 종사자 명단, 작업흐름도, 투입장비 계획, 작업예정공정표</li> </ul>
자료조사 와 탐사준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물도 기본도 확대 출력</li> <li>○ 자료 조사, 수집 및 편집</li> <li>○ 현지조사와 보완측량                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사준비</li> <li>- 시설물조사</li> <li>- 맨홀개폐, 변실조사</li> </ul> </li> <li>○ 지하시설물 조사용도면 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현지조사와 보완측량의 결과 기입</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1/1,000 수치지도</li> <li>○ 유관부서의 기초자료현황</li> <li>○ 1/500 확대 기본도, 지하시설물 도면·대장, 토지·건물 출입증, 측량·안전장비</li> <li>○ 1/500 확대 기본도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1/500 확대 기본도</li> <li>○ 기존의 각종 지하시설물 관련 도면, 대장, 조서, 색인도</li> <li>○ 기준점 성과, 측량 자료</li> <li>○ 조사용도면</li> </ul>
지하시설물 탐사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관료조사와 탐사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장현황조사</li> <li>- 관료탐사, 위치측량</li> </ul> </li> <li>○ 지하시설물도 원도 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작성요령에 따른 지하시설물 표시</li> <li>- 지하시설물도 원도 검사</li> </ul> </li> <li>○ 관리 대장 정비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탐사, 측량, 안전 장비, 조사용도면</li> <li>○ 조사용도면, 1/500 확대 기본도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탐사결과가 이기된 조사용도면</li> <li>○ 지하시설물도 원도</li> <li>○ 시설물별 관리대장</li> </ul>
수치지도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물도 원도 입력                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도형 자료 입력</li> <li>- 정위치, 구조화 편집</li> </ul> </li> <li>○ 지하시설물 속성자료 입력</li> <li>○ 데이터베이스 메타데이터 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물도 원도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물 입력 파일</li> <li>○ 속성 자료 파일</li> <li>○ 메타데이터 파일</li> </ul>
지하시설물도 출력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물도 출력</li> <li>○ 성과검사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 단계별 점검과 최종 점검</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자료 입력 파일</li> <li>○ 각 단계의 성과물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지하시설물도</li> <li>○ 성과점검 결과보고서</li> </ul>

## 4. 품질 확보 활동

### 1) 감리

지하시설물과 관련된 정보시스템을 활용하는 데 기초가 되는 DB의 정확성 및 신뢰성을 확보하기 위해서는 주관사업자들이 작업하는 동안 일어날 수 있는 문제상황들을 일관되고 통일된 감리를 통해 올바른 방향으로 유도할 필요성이 있다.

#### (1) 감리의 목적

- 지하시설물도 전산화사업의 기획, 개발, 운영에 있어서의 고용 창출 및 지하시설물 관리업무 전산화의 목표달성, 한정된 자원의 극대화, 각종 위협의 차단, 관련지침이나 기준의 준수 여부 등을 평가·검토하여 창출의 적정성, 지하시설물 관리시스템 구축의 효과성, 효율성, 안정성, 준거성 등을 확보
- 지하시설물 조사·탐사의 적정성, 데이터 구축 및 관리, 소프트웨어 개발 과정 중 기획업무의 타당성 검토, DB구축 및 응용시스템 개발공정의 적합성 검토, 시설물 관리시스템의 품질보증 확보 등을 통해 사업의 효과 증진

#### (2) 기대효과

- 지하시설물 정보데이터의 무결성을 확보할 수 있는 체계 구축
- 주관기관(10개 지방자치단체)인 사용자와 주관사업자의 상호이해 증진 및 의견 격차를 조정하는 역할
- 지하시설물 관리체계 개발의 효과를 극대화
  - 지하시설물도 전산화사업 관리수준의 향상
  - 시설물 데이터의 품질관리체계의 향상
  - 관련표준의 준수 및 표준설정의 완성도 향상

#### (3) 감리수행 방법

##### ① 1차 감리

- 조직구성 : 업무분장, 인력채용 및 인력활용 절차의 적합성 등
- 사업일반 : 프로젝트 관리 여부 등
- 교육 : 인력교육 및 강사인력의 적합성, 교육내용의 적절성 등

- 조사·탐사 : 조사과정 및 이기과정에 대한 신뢰성, 조사자의 일관성 등
- 기 타 : 주관기관과 주관사업자의 사업 이해도 및 관계 등

## ② 2차 감리

- 지하시설물 관리시스템 개발과정의 산출물로서 사용자 요구사항 분석서, 상세설계서, 시험 운영계획 관련자료, 변경문서(작업일지) 등
- 프로젝트 관리 :
  - 지하시설물 관리시스템 개발과 관련된 일정이나 범위변경 관리
  - 사용자 요구사항 수집과정 중 주관기관 업무담당자의 참여도
  - 주관사업자의 업무분석 여부 및 관련자료 수집여부
  - 주관기관과 주관사업자간의 관계
- 시스템 아키텍처
  - 시스템 구조의 적정성
  - 시스템 내외부 인터페이스 및 보안
- 응용시스템
  - 사용자 요구사항의 적정한 도출 및 반영 여부
  - 프로세스 및 이벤트 모델링의 적정성
  - 응용시스템 및 사용자 인터페이스의 적정성
  - 사용자요구사항분석과 설계 내용의 일관성 및 추적성 여부
- 데이터베이스
  - 데이터베이스 설계관련 표준설정 및 준수 여부
  - 데이터 모델링의 적정성
  - 논리 데이터베이스 설계의 적정성
  - 데이터 무결성 및 유효성 확보에 관한 내용

## ③ 3차 감리

- 3차 감리는 프로젝트감리, 기술감리, 고용감리, 검수사업자 감리로 구분하여 실시하며, 이전



에 수행한 감리결과 및 반영여부에 대한 확인 및 평가

- 프로젝트 감리 : 예산, 추진일정, 작업공정, 보안 등
- 기술감리 : 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크, 데이터베이스 구조, 업무분석 및 시스템 설치환경 등
- 고용감리 : 인력수급 및 활용의 적정성, 교육의 적합성 및 성취도, 인력관리 등(고용점검반 수행)
- 검수사업자 및 조사·탐사 감리 : 지하시설물 조사·탐사 및 DB구축 현장감리, DB의 정확성 등 품질제고를 위한 검수사업자 감리

## 2) 검수

### (1) 검수의 목적

각 주관기관 및 주관사업자의 작업환경 및 작업방법이 상이함으로 인해 발생하는 문제점들을 파악하여 일정한 작업기준을 제시하고,

현장검수 및 데이터검수를 수행하는 각 단계별로 오류경향을 분석하여 구축되는 지하시설물도에 대한 품질을 확보하는 데 있다.

### (2) 검수의 체계

#### 가. 기본도 및 조사·탐사에 대한 현장검수

- 기본도 검수 : 지하시설물도 구축 대상지역의 현지 지형지물의 변경 내용, 상하수 관련시설물의 누락, 오기 등의 검수
- 조사·탐사 검수 : 상하수 시설물의 위치정확성, 상하수 맨홀의 내부속성 조사, 관로 탐사 등의 검수

#### 나. 입력완료된 지하시설물도에 대한 데이터 검수(육안검수 및 시스템검수)

- 수량검수 : 설계서 및 성과품 납품내역서 상의 수량검수 실시
- 육안중첩검수 : 지하시설물 원도와 원도를 이기한 데이터 출력물을 중첩하여 심볼, 관로선형, 인접 및 연결, 제원표기 등의 누락 및 오기사항 검수
- 시스템 검수 : 화면검수와 자동프로그램 검수로 이루어짐
- 화면검수 : 지하시설물 원도를 입력한 데이터를 컴퓨터 화면상에 출력하여 레이어, 심볼,

도곽경계, 관로선형, 인접 및 연결, 속성 등에 관한 오류사항 검수

- 자동프로그램 검수 : 검수용 프로그램을 이용한 성과검수를 함

(3) 현장검수

가. 기본도(현장지리조사) 검수

- 검수 범위 : 1/1,000수치지도 작성작업내규의 지리조사 부문에 규정되어 있는 지형지물의 누락, 오기, 기타 오류에 대해서 조사도면에 내용을 표기함
- 성과물 : 기본도 검수도면, 기본도 검수표

나. 조사탐사 검수

- 검수범위 : 맨홀 내부조사 및 관로탐사(관종, 관경, 심도, 연장, 이격거리)
- 맨홀과 관로의 이격거리는 도면상의 현황과 실제현황이 확인된 지형지물의 기준선으로부터 맨홀 및 관로의 상대적 위치를 측정함
- 성과물 : 조사탐사 검수도면, 조사탐사 검수표

○ 현장검수항목

검수 구분	시설물 구분	검수 항목	
기본도 (지리조사)	지형지물	○도로, 건물, 건물주기, 전주, 가로수	
	상수시설물	○상수맨홀 및 변류, 소화전, 급수탑, 저수조, 가압장, 정수장, 배수지, 취수장, 펌프장, 수도계량기	
	하수시설물	○하수맨홀, 물받이, 하수처리장	
	기타시설물	○통신맨홀, 체신맨홀, 가스맨홀, 전기, 지역난방	
조사·탐사	상수도	원도 이기	○제원표기, 심볼표기
		관로	○관종, 관경(상수맨홀일 경우) ○심도, 연장 ○관로 누락
		상수시설물 위치	○상수맨홀 및 변류, 급수탑, 소화전
		탐사기계 또는 탐사작업자 오류	○탐사되는 관로의 불탐처리 ○타시설물 탐사
	하수도	원도 이기	○제원표기, 심볼표기
		관로	○관종, 관경, 심도, 연장, 우수방향 ○관로 누락, 관로 연결성
		하수시설물 위치	○하수맨홀, 물받이
		탐사기계 또는 탐사작업자 오류	○탐사되는 관로의 불탐처리 ○타시설물 탐사

#### (4) 데이터검수

##### 가. 육안중첩검수

지하시설물 원도가 수치지도화된 지하시설물도에 정확하게 입력되어 있는지, 각 시설물별로 새로 정리된 관련대장이 올바르게 입력되어 있는지를 검수하기 위하여 지하시설물 원도 및 관련 대장과 구축된 데이터베이스내의 도형자료와 속성자료를 육안으로 비교하는 작업을 말한다.

- 조사·탐사에 사용된 지하시설물 기본도(조사용 도면)과 수치지도화된 지하시설물도를 동일한 축척으로 출력하여 육안 확인
- 검수작업시 요구되는 자료는 기본도면, 대장, 조사·탐사로 이기한 도면과 조서, 입력한 수치지도 파일, 입력한 속성데이터 등이 있음
- 육안중첩검수 검수항목
  - 도면번호 오류, 심볼오류(누락, 오기, 위치정확성), 관로 선형오류(누락, 오기), 인접오류(인접 및 연결오류), 제원표기 오류, 기타 오류

##### 나. 시스템 검수

시스템 검수는 화면검수와 자동프로그램 검수로 구분된다.

화면검수는 육안으로 검수하지 못하는 오류부분에 작업자에게 판단의 근거를 제공하여 검수할 수 있도록 하는 반자동프로그램 검수를 지칭하고, 자동프로그램 검수는 데이터의 일관성 및 규칙성이 있는 경우에 적용하는 검사를 말한다.

- 데이터 시스템 검수의 대상은 데이터 포맷, 기준선 초과 오류(Overshoot), 기준선 미달오류(Undershoot), 계층오류(Layer Miss), 인접 계층오류(Ref Layer Miss), 선의 훼손여부, 논리적 일관성 부재, 관로간의 교차점 표시형식 오류, 관로 관련 시설물(제수변, 이토변, 맨홀 등)의 표기형식 오류 등을 검수
- 속성자료 검수는 자료의 누락 및 오기 유무, 표준코드입력 오류, 도형 및 속성자료간의 불일치 여부 등을 검수

○ 시스템검수 항목

구분	검수 항목 검수 내용	검수방법		내 용
		화면 검수	자동 검수	
일반 사항	도엽번호 검사	○	○	도엽번호 부여에 대한 오류검사
	레이어 분류 정확성 검사	○		레이어 분류가 설계 내용과 일치하는지 검사
	레이어의 Symbology 검사	○		레이어의 Symbology가 설계 내용과 일치하는지 검사
기 하 학 적 정 확 성	도엽 기준선 좌표의 정확성 검사	○	○	도엽 기준점의 좌표가 맞는지 검사
	인접 도엽 기준선 경계의 정확성검사	○	○	인접 도엽간 중복 기준선이 일치하는지 검사
	도곽선 기준선에 대한 Overshoot 검사	○	○	데이터(점,선,면,주기)가 도엽 기준선을 벗어나는지 검사
	도곽선 기준선에 대한 Undershoot 검사	○		데이터(선,면)가 도엽 기준선에 미치지 못하는지 검사
	선 데이터의 Spike 검사	○		선, 면 데이터의 좌표 수 검사
	데이터의 좌표수 검사	○	○	선, 면 데이터의 형상에 일그러짐이 있는지 검사
	면 데이터의 폐합여부	○	○	선, 면 데이터의 좌표 수 검사
	선형 데이터의 연속성	○		면 데이터가 폐합되는지 검사
	인접 도엽간 도형 정합성 검사	○		선형이 물리적으로 연속되는지 검사
	인접 도엽간 속성 정합성 검사	○		인접 도엽간에 인접한 도형 데이터의 속성이 정확히 일치하는지 검사

구분	검수 항목 검수 내용	검수방법		내 용
		화면 검수	자동 검수	
위 상 정 확 성	선 데이터의 방향성 검사	○		유수의 흐름 방향대로 선데이터가 입력되었는지 검사
	면 데이터의 Sliver 여부	○		인접 면 데이터간에 미세한 면이 존재하는지 검사
	면 데이터의 레이블 누락 여부	○	○	면 데이터에 레이블이 누락되었는지 검사
	면 데이터의 레이블 중복 여부	○	○	면 데이터에 레이블이 2개 이상 있는지 검사
	선 데이터의 연결성(가상 노드)	○		교차하지 않는 곳에 노드가 발생했는지 검사
속 성 정 확 성	속성 데이터의 누락 여부 검사	○	○	속성 데이터의 누락 여부 검사, Null이 될 수 없는 항목에 대해서는 자동 검수 실시
	속성 데이터의 범위값 검사	○	○	속성 데이터의 값이 입력 가능한 데이터인지 검사
	속성 데이터의 범위값 검사	○	○	속성 데이터의 형식이 속성 데이터의 내용과 일치하는지 검사
	속성 데이터의 코드 정확성 검사	○	○	속성 데이터의 내용이 설계된 코드 내용과 일치하는지 검사 코드의 종류가 하나이면서 고정되어 있는 경우 자동검수 실시
	선 속성 데이터의 속성 연속성 검사	○		물리적으로 연결되는 선 데이터의 속성 데이터 항목이 일치하는지 검사

## 5. 작업과정 분석

1) 지하시설물 측량과정에서의 문제점 (한국가스공사, 1998)

<표> 도면 이기시 나타난 문제점과 발생원인 분석

구분	문제점	발생원인
거리측정 오차	측점 오차	· 최초 종측선 작업시 설정한 20m 간격은 GPR 확인작업중 바뀔 수 있음 · 현장에서의 실측 거리와 실제 도면상의 거리와의 불일치
	상대거리 오차	· 작업자의 수직도 판단, 경계석 변형도 등에 따른 오차 · 도로상 거리측정은 교통문제 등 작업환경 조건에 따른 오차
수치지도 검증	이격거리 입력시 불일치	· 작업자 과오에 의한 인조점 위치의 과도한 편차
		· 경계석 위치나 도로선형에 대한 수치지도 오차로 인한 미세한 편차

<표> 측량시 나타난 문제점과 발생원인

구분	문제점	발생원인
측량 정확성	GPS에 의한 좌표값이 수치지도와 일치하지 않는 현상	위성신호 수신장애
	Total Station 등에 의한 좌표값이 수치지도와 일치하지 않는 현상	육안판단에 의한 관측점 결정
	도로상 GPS 좌표작업 소요시간 가중	교통안전, 통행차량 진동
작업편차	작업자에 따른 편차 발생	작업자 시준오차 및 숙련도
좌표체계	삼각점 설정좌표 검증시간 과다소요	기관별 좌표값 상이
	설정좌표를 수치지도에 입력한 결과 수치지도와 경계석 이격거리 불일치	지역별 수치지도 기준점의 위치좌표 확인작업 필요
	GPS와 일반측량 설정좌표 일치여부 의문	좌표계간 변환식의 국내 적합성

<표> 탐사시 나타난 문제점과 발생원인

구분	문제점	발생원인
탐사 정확성	RD : 관의 상하좌우 임의지점 탐사, 때로는 타 배관 탐사사례 발생	지하수 유동시 접지전위도 변하는 것으로 판단
	GPR : 탐사배관의 보호덮개 탐사, 지하 2m 이하 탐사자료 미흡	보호덮개 반사전파가 잡힘 (일부는 가스관도 잡힘)
	기타 : 기자재별 배관위치 편차	적용기술 및 특성차로 판단
작업자간 오차	기자재별 배관위치 등거리 편차	작업자의 시작점 판단기준
	기자재별 배관위치 등각 편차	수직도 판단 등 시각오차
환경조건	쓰레기 적치장, 작업장, 불법매립지	현장작업 불가구역
	철근 콘크리트 하월배관 탐사불가	철근 발사강도가 크게 보임
	고압전력선 인근은 탐사자료 중복	저주파 일수록 장애가 큼
	제방 및 고수부지의 경사면 매설관	정확한 위치판정이 어려움
	지하수가 상존하는 지역은 자료미비	물은 전파흡수율이 높음

2) 국토연의 감리·검수 결과

(1) 지하시설물도 전산화사업 감리 결과 (1999년 8월, 국토연)

- 짧은 시간에 많은 고용인력에 대한 교육이 효과적으로 이루어졌다고 판단됨
- 지하시설물도 작성작업규칙에 의한 절차를 무시하는 사업자가 일부 있었으며, 조사도면 및 이기도면에 대한 이력관리가 미흡함
- 프로젝트
  - 산출물에 대한 일관성 및 추적성 부족
- 응용시스템
  - 분석단계 산출물과 설계단계 산출물간에 상호 일관성 및 추적성이 부족하여 향후 시스템 유지·보수 측면에서 위험요소가 예상됨
- 데이터베이스
  - 분석단계 산출물과 설계단계 산출물 관리가 잘 수행되지 않았고, 산출물 일부가 누락되었음
  - 엔티티간의 관계를 명확하게 정의하지 않아 외부키(Foreign Key)설정 미흡
  - 속성항목에 대한 명명규칙(naming rule)의 설정 및 적용이 부족하였고, 정규화 과정을 거치지 않아 데이터의 무결성 및 가용성을 저해할 우려가 있으므로 이에 대한 보완이 필요함

○ 아키텍처

- 아키텍처 관련 활동 대부분 누락
- 구성시스템에 대한 전체적인 사양 등에 관한 내용이 누락되어 구축시스템을 파악하기 어려움
- 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크 등에 관한 사양 및 종합적인 구성도 작성 필요

2) 지하시설물도 전산화사업 주관기관별 현장검수 결과(1999년 8월, 국토연)

○ 측량 위치오차

- 하수맨홀 및 물받이의 위치오차 (서울 하수도)
- 상수시설물(제수변)과 관로의 위치오차 (고양 상수도)
- 상수시설물(제수변, 상수맨홀)에 대한 위치오차 (원주 상하수도)
- 곡선관로에서의 관로의 위치오차 (울산 상하수도)
- 상수관로의 위치오류 (전주 상수도)
- 도로폭이 현황과 다른 지역에서의 상수관련 시설물(제수변)과 관로의 위치오차 (여수 상수도)
- 하수맨홀 위치측정 부정확으로 인한 관로 위치오류, 신설 및 확장된 도로에서의 하수맨홀의 위치오차 (청주 하수도)

○ 지도상의 문제점

- 상수관련 시설물(제수변 등)과 관로의 이격거리 측정시 돌담을 기준으로 삼고 있으나, 곡선형의 돌담에서는 기준점 선정의 어려움 있음 (제주 상수도)
- 지도의 도로폭 수정 (원주 상하수도)
- 현장지리조사시의 조사항목과 조사탐사시의 조사항목 중복으로 인한 두 도면간의 차이 발생 부분 확인, 수정 필요 (여수 상수도)
- 인접도엽간의 관거누락된 부분은 확인 및 보완 필요 (청주 하수도)
- 아파트 단지와의 메인 연결관은 지자체 관리범위를 고려할 때 지하시설물원도에 반영되어야 할 필요 있음 (창원 하수도)

○ 누락 및 오기

- 상하수관련 시설물의 누락 및 오기, 제수변 심볼표기 오류 등 (원주 상하수도)
- 상하수관련 시설물(제수변, 물받이)의 누락, 하수관로와 우수받이의 연결오류, 관의 합류 및 분기 표기 누락, 박스관로 표기의 오류 (울산 상하수도)
- 하수맨홀, 물받이, 측구의 누락, 오수관로의 누락 (창원 하수도)
- 상수시설물의 누락 및 오기, 하수맨홀의 누락 (전주 상수도)
- 상수관련 시설물누락 (여수 상수도)
- 하수관련 시설물의 누락, 원도작성 사항의 미비 (청주 하수도)

○ 기타

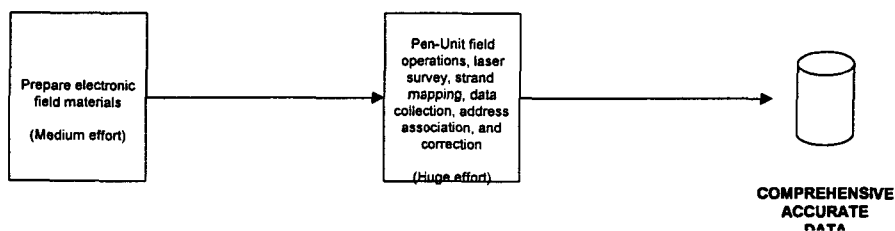
- 탐사관로의외 또 다른 관로(폐관일 가능성 있음)가 탐사되는 구간, 관로의 매설심도 및 위치가 불규칙적으로 변화하는 지역에 대한 확인 및 보완 (포항 상수도)
- 신설 및 확장된 도로는 도시계획 도로로 입력하며, 위치 측정의 기준점은 기존의 건물 등을 이용함 (청주 하수도)

## 6. 정확도 향상방안

지하시설물 측량의 정확도를 향상하기 위해서는 최적탐사방법 사용과 전문기술자에 의한 측량작업, 현실적으로 개정이 필요한 지하시설물 관련규칙, 세부지침 내용과 다르게 되어있는 품셈의 개정, 전문적이 교육 등이 필요함.

### 1) 지하시설물 측량 범위 및 내용 표준 설정

- 선진외국의 경우, 종이지도에 의한 수동적 현장조사 방식을 벗어나 Pen-Computer에 의한 현장 수치측량시스템이 보편화되어 가는 추세임.



디지털매핑시스템에 의한 자료수집



- 오늘날 외국의 기관들은 초기자료로 수치지도를 준비하며, 일단 수치지도가 준비되면 현장에서 수치측량시스템에 의해 매핑 및 자료수집이 동시에 완성되며, GIS자료로 즉시 변환되어 무선통신이 연결된 컴퓨터시스템인 경우 DB관리기관으로 전송하게 된다. 이와 같은 자동화된 자료수집의 경우는 오차발생요인을 최소화 할 수 있는 장점이 있음.
- 항공사진측량으로 도화된 지형지물과 현지조사를 통해 얻어진 지형지물과는 정확도 면에서 큰 차이를 나타내므로, 이를 구별하여 사용하여야 함.
- 지하시설물 측량은 통합조사 또는 계통적인 조사가 되도록 발주되어야 함.

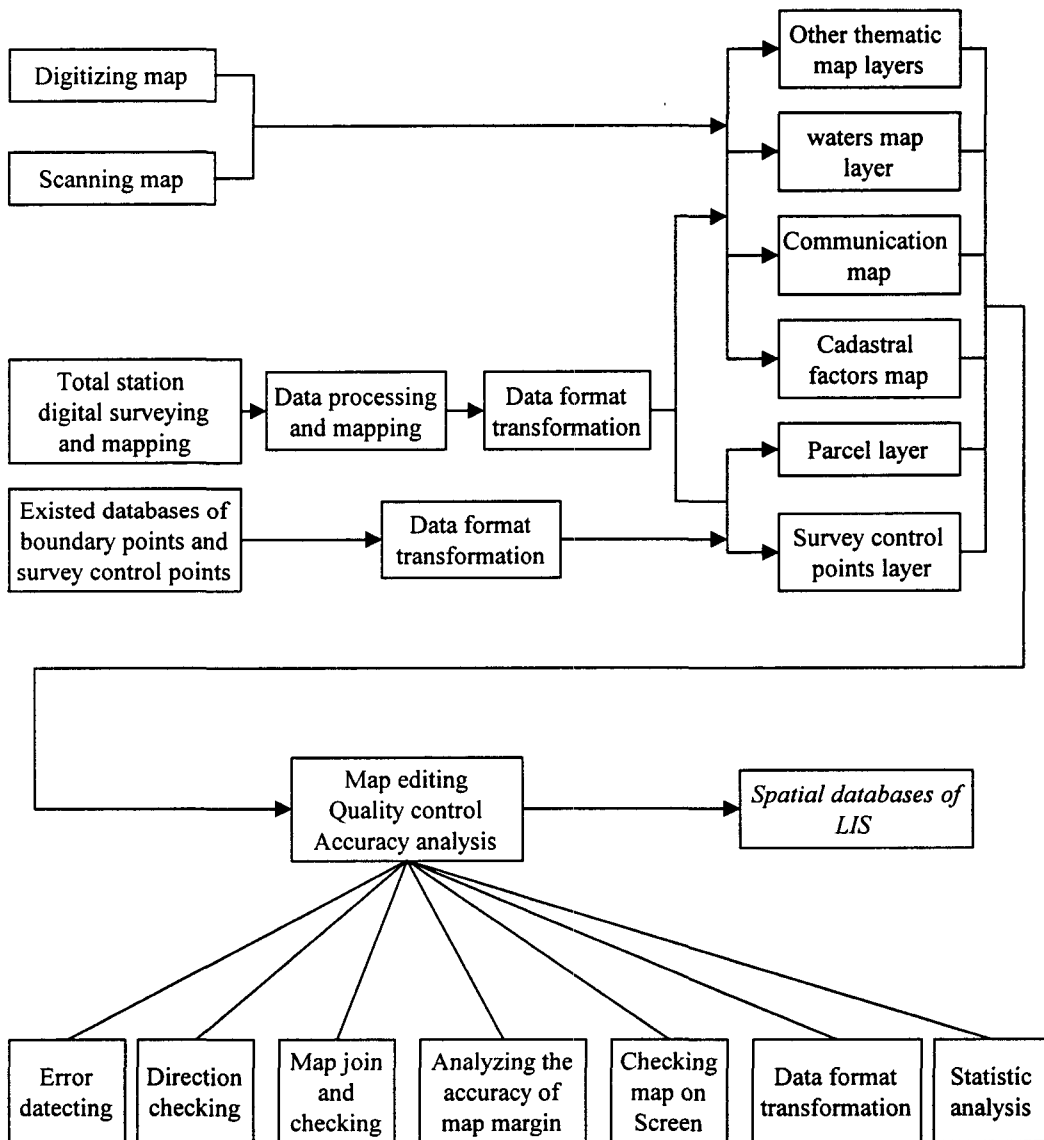


그림 공간자료 획득 및 QC (자료원; 중국 CMLRIS)

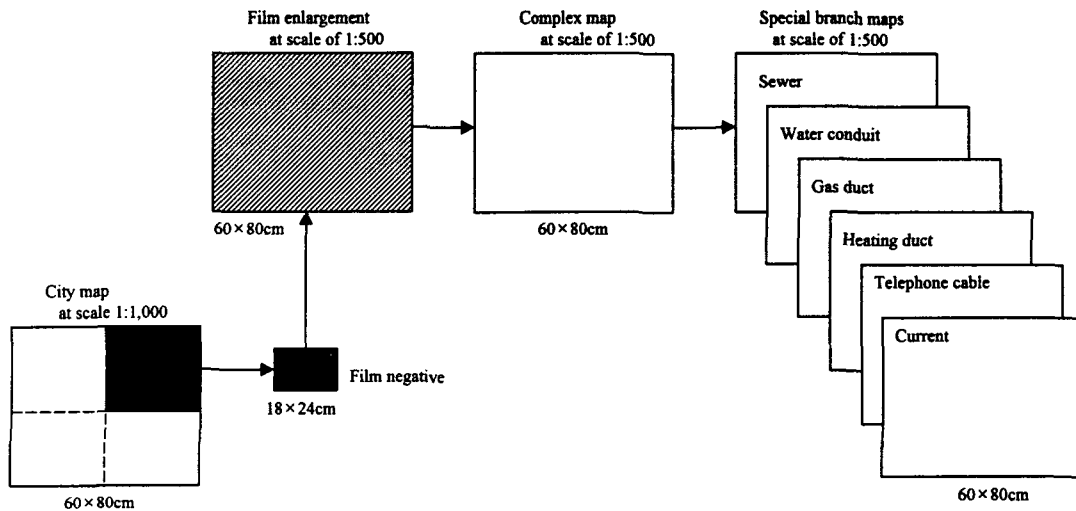


그림 The sequence of map production (Hungarian system)

## 2) 1/1,000 수치지도의 고품질화

- 가능하면 대축척 항공사진을 이용하여야 할 것임.
- 현지조사가 아닌 현장보완측량으로 시설물조사가 이루어져야 함.
- 수치지도의 정확도에 대한 표현방법에 대해 깊은 연구가 요구됨.
- 수치지도 갱신체계의 구축

## 3) 지하시설물 측량을 위한 기준점 설치

- 지하시설물 측량을 위한 기준점의 추가설치 필요.
- 제작시기에 따른 좌표계의 혼란을 막기위해 실험연구가 선행되어야 함.
- GPS 측량 등이 일반화되면서 지하시설물도에 의한 상대좌표가 아닌 시설물들의 절대좌표가 요구됨.
- 지하시설물도의 경우 절대좌표와 상대좌표를 병행하여 사용하므로써, 작업면과 정확도 면을 모두 만족시킬 수 있음.

## 4) 지하시설물 측량의 오차범위 재정립

- 위치측량의 방법이 아닌 오차범위의 설정만으로 정확도가 높은 새로운 측량방법을 적용할 수 있어야 함.
- 탐사장비의 정밀도를 바탕으로 만들어진 현행 오차범위는 우리나라의 상황을 정확하게 반영한 것이 아니므로 보다 많은 실험연구를 통해 오차범위는 재정립되어야 함.

5) 시설물별·재질별 최적탐사방법

- 금속, 비금속, 케이블에 따라 적정 탐사방법을 선택하여야 함.
- 탐사기기, 작업자, 환경조건에 따른 문제점을 숙지하여 적정 탐사방법을 선택하여야 함.

6) 지하시설물 측량장비의 검정방안

- 다양한 지하시설물 탐사 장비에 대한 검정기준을 설정하고 이에 필요한 제도와 검정기관의 설치가 요구됨.

7) 현시성 확보를 위한 데이터 유지관리 방안

- 지하시설물 통합관리체계가 요구됨.
- 1/1,000 수치지도의 프레임워크 데이터, 지자체 기본도, 지하시설물 공통DB, 관리기관별 지하시설물도들의 관련성과 갱신주체 및 파트너십에 관한 실험연구를 통해 지하시설물도 자료구축 기반을 정립하여야 함.

<표> 국가공간자료기반의 구성요소

국가	모델	Components				
호주	ASDI	Istitutional Framework		Fundamental Datasets	Technical Standards	Distributed Network
캐나다	CGDI	Partnerships	Supporting Policies	Framework Data	Geospatial Data Standards	Geospatial Data Access
영국	NGDF	Collaboration		Standards		Data Access
미국	NSDI	Partnership		Framework Data	Data Standards	Geospatial Clearinghouse
홍콩	HKSDI	Istitutional Framework	Participa-tion	Technical Standards		Clearinghouse Networks

- 지하시설물 공사의 준공도면을 이용하여 갱신하는 방안에 대한 실험연구를 통해 관련법 및 제도의 개선이 요구됨.

8) 관련법 및 제도 개선

- 현실적으로 작업가능한 항목으로 개정이 요구됨.
- 정확한 작업지침과 설명서를 통해 해석상의 차이가 없도록 하여야 함.

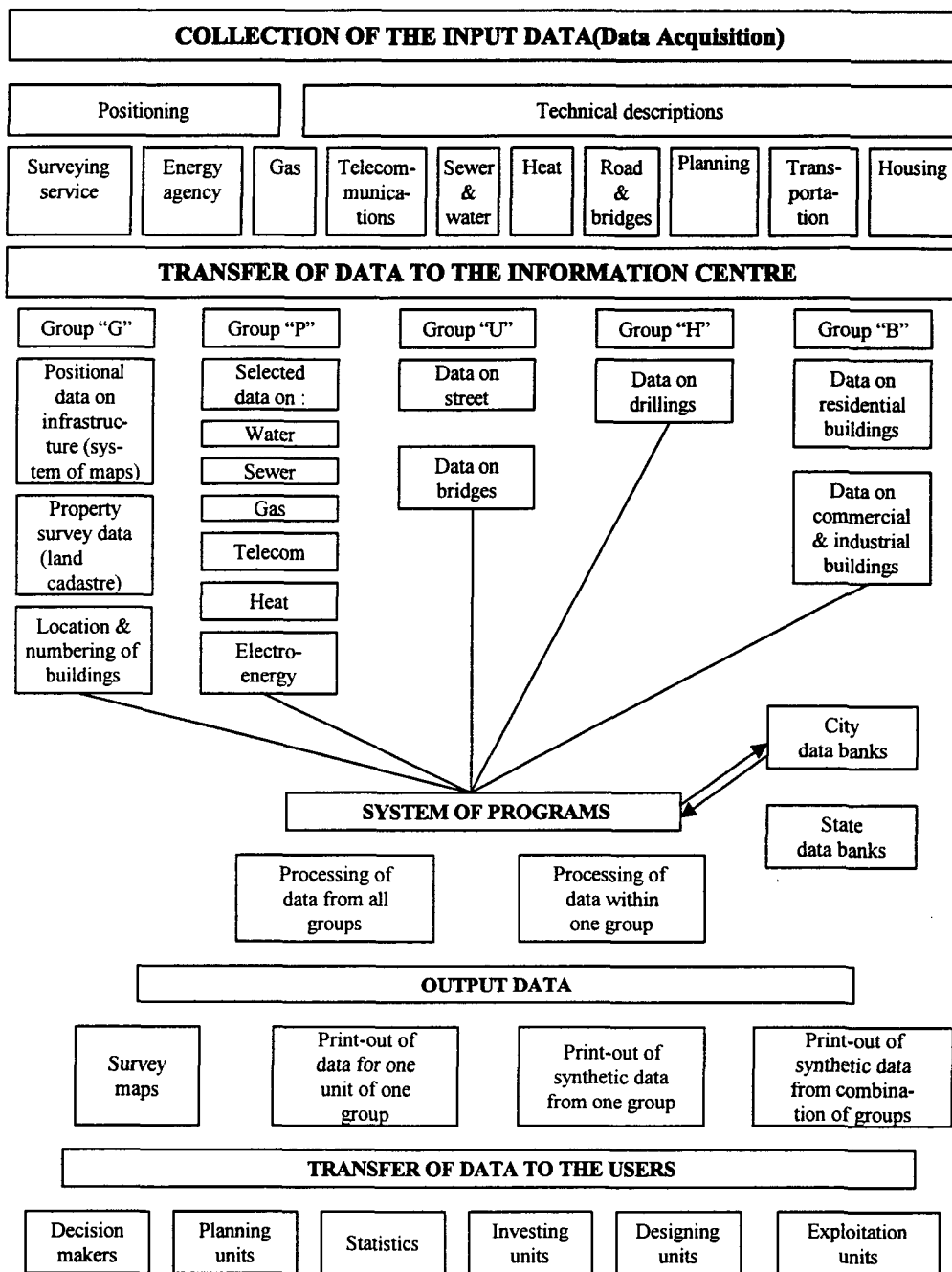


그림 Scheme of the Infrastructure Information System in the city of Warsaw

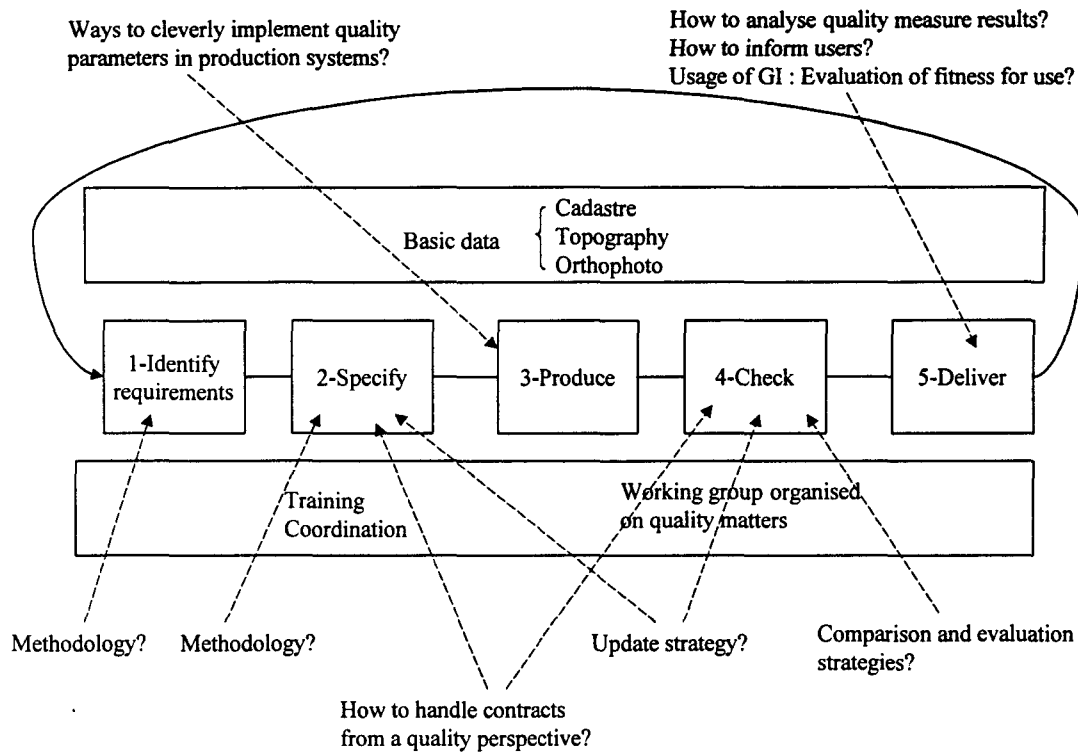


그림 Data Quality issues and Life Cycle of Products (CERCO SWG B,1999)

## 5. 결론

- 유럽에서는 눈으로 확인할 수 있는 시설물의 위치와 속성을 입력한 초기 도면을 갖춘 후, 오랜 시간을 거쳐 시설물공사가 발생할 때마다 도면을 갱신하여 오늘날의 지하시설물도를 구비하였음.
- 우리는 현재 준비되어 있는 지하시설물DB의 품질을 향상시킬 숙제를 안고 있으며, 앞으로 진행될 지하시설물 측량에서는 과거의 문제점이 다시는 발생하지 않도록 작업규정·작업지침 등을 바로 잡아야 함.
- 지하시설물도는 관리기관별로 존재할 것이 아니라 통합활용될 수 있어야 하며, 더 나아가서는 1/1,000 수치지도 및 지자체 기본도와도 연계되어 유지·관리되어야 하므로, 지하시설물도의 품질을 확보하기 위한 정확도 향상방안은 탐사기기의 정밀도와 측량방법의 정확도만을 논할 수 없으며, 지하시설물도를 둘러싼 조직·작업과정 등과 함께 분석되어야 함.