

GIS를 이용한 상수도관의 안전도 관리시스템 개발 A Development of Pipe Safety Management System by GIS

최병길* · 조영호** · 전왕규***

Choi, Byoung-Gil · Cho, Young-Ho · Jean, Wang-Kyu

要 旨

GIS는 많은 양의 도형자료와 문자자료를 통합 관리 분석하는 시스템으로 복잡한 네트워크를 형성하고 있는 도심의 지하매설물을 관리하는데 적합한 시스템이다. 상수도관의 안전도 시스템은 상수도관과 지형자료를 데이터베이스화하고 여기에 상수도관의 안전도를 모델화하여 이들에 대한 안전상태를 수치로 평가할 수 있는 시스템이다. 본 시스템에서는 상수도관의 노후도 평가결과에 대한 도면 출력 시스템을 구축, 사용자가 상수도관의 노후 정도를 쉽게 추정할 수 있도록 하였으며 상수도관이 파괴될 경우, 주변피해요소에 대한 추적 기능을 구축하였다. 또한 안전 사고시 신속하게 대응할 수 있는 응급정보 조회 기능을 구현하였다. 마지막으로 지하매설물 현황과 공사 현황을 출력하여 각종 공사시 초래될 수 있는 사고를 방지 할 수 있는 공사 관리 기능을 구축하였다.

ABSTRACT

GIS is the system that has ability of integrating, managing, and analyzing the voluminous graphic and text data, which is adequate system to manage complex network of the underground utilities of urban area. A development of pipe safety management system is accomplished to construct efficiently a database of pipe line network and topographic data, create safety managing model, and estimate openly its safety by GIS. This system is constructed to evaluate easily pipe deterioration by the establishment of the geographic output system on it, search damaged objectives near surrounding area in a situation of destruction, and offer the information by which one can take quickly emergency. And also, it is constructed to prevent from accident occurring under work by presenting underground utilities and states of work.

1. 서 론

급속한 산업발달 및 무분별한 도시지하공간 개발은 지하에 무엇이 어디에 매설되어 있는지를 체계적으로 관리할 수 없었으며, 이로 인한 도시지하의 매설물은 사고 위험을 항상 수반하고 있는 실정이다

다양한 형태의 데이터를 저장, 검색, 처리, 분석할 수 있는 기능을 가진 GIS는 1980년 이후 컴퓨터의 발달과 함께 많은 분야에서 급속도로 확산되어 실용화되고 있다. GIS는 특히 많은 양의 도형자료와 문자자료를 통합 관리 분석하는 시스템으로 복잡한 네트워크를 형성하고 있는 도심의 상수도관을 관리하는데 적합한 시스템이다.³⁾

본 연구의 목적은 상수도관의 효율적인 데이터베이스 구축 방안 및 노후도 평가 모델을 연구하고 GIS를 이용하여 상수도관의 안전도 관리 시스템을 개발하는데 있다.

본 시스템은 크게 상수도관의 노후도 평가 부분과 관리 부분으로 나누어지며 노후도 평가 부분은 상수도관의 노후화에 의한 안전도를 평가하는 부분이고 관리 부분은 상수도관을 관리하는데 필요한 전반적인 정보를 제공하는 부분이다.

본 연구에서 채택한 노후도 평가 모델은 상수도관의 시설년도, 재질, 관경 등 다양한 인자를 이용하여 관의 노후도를 정량적으로 평가하는 모델이다. 본 모델을 시스템에서 효과적으로 구현하기 위하여 노후 점수별 인덱스(Index)를 만들었고 각 인덱스를 상수도관의 노후 정도에 따라 배정하였다.

*인천대학교 토목공학과 부교수

**인덕대학 토목환경학과 교수

***인천대학교 대학원 토목공학과 석사과정

위에서 언급한 상수도관의 노후도 평가 모델과 상수도관의 관리를 담당하고 있는 상수도사업본부의 업무를 분석하여 시스템 구현을 위한 데이터베이스를 설계하였으며 연구된 모델과 설계된 데이터베이스를 바탕으로 프로토타입의 노후도 평가 및 관리 시스템을 개발하였다. 본 시스템의 노후도를 평가하기 위한 모듈로 평가 인자별 입출력 시스템 및 노후도 평가 시스템을 구현하였고 상수도관의 효율적인 관리를 위한 모듈로 제원별 출력 시스템, 주변 피해 요소 추적 시스템, 응급 정보 조회 시스템, 공사관리 시스템 등을 구현하였다.

본 연구는 미국 ESRI사의 ARC/INFO를 주 개발 도구로 사용하였으며⁷⁾ 본 연구의 기초 데이터는 창원시에서 구축한 것을 사용하였다. 또한 필요한 경우 데이터를 가공하거나 직접 입력하였다.⁸⁾

2. 노후도 평가 모델 및 데이터베이스 설계

2.1 상수도관의 노후도 평가 모델

관로의 파손은 일반적으로 복합적인 원인에 의하여 발생한다. 일본의 경우 상수도관의 파손원인은 관의 노후, 교통하중의 증가에 의한 이주가 주로 거론되며, 미국 및 유럽 선진국의 경우는 관 주변의 토양이동을 더 강조하고 있다.

본 연구에서는 상수도관의 노후도 평가모델로 수자원개발공사에서 우리실정에 맞게 개발한 수도관 노후도 점수평가법(Numerical Weighting System)을 사용하였다. 이 방법에서는 관의 종류를 관경 및 관의 재질에 따라 다음과 같이 8가지로 나누었다.⁹⁾

(1) 관경 700 mm 이상 (강관), (2) 관경 700 mm 이상 (주철관, 닥타일 주철관), (3) 관경 700 mm 이상 (콘크리트관), (4) 관경 600 mm~150 mm (강관), (5) 관경 600 mm~150 mm (주철관, 닥타일 주철관), (6) 관경 600 mm~150 mm (PVC, PE, 콘크리트관), (7) 관경 150 mm 이하 (동관, Stainless Steel 관), (8) 관경 150 mm 이하 (PVC, PE관)

또한 평가인자(조사항목)를 최대수압(kg/cm², 현장측정), 매설지역(현장조사), 도로(현장조사), 관중(현장조사), 매설년수(자료분석), 누수 및 파손기록(자료분석), 무수율(%), 자료분석), 토양저항률($\Omega \cdot \text{cm}$, 실험실분석), pH(실험실분석), Redox전위(mV, 실험실분석), 황산이온염소이온(mg/kg, 실험실분석), C값(현장측정),

기초공(현장조사), 퇴매움토양(토양종류, 실험실분석), 관경(mm, 현장조사), Cathodic Protection(현장조사), Joint(접속방식, 현장조사), 밸브분기관(현장조사), 접속관(현장조사)의 19가지로 분류하였다.

이 방법에서는 평가 인자에 따른 각각의 관에 대한 노후도의 총점이 최대 100점, 위의 관 분류에 따라 최소 12~23점이 되게 하였는데 100점의 경우가 관의 상태가 가장 좋은 경우이며 12~23점의 경우는 관의 상태가 가장 나쁜 경우이다. 60점 미만은 노후화가 상당히 진행되어 교체 또는 갱신을 검토해야 할 관이며, 60점 이상 70점미만은 노후화가 진행되기는 하였으나 당장 보수가 필요하기보다는 관심을 가지고 지켜볼 필요가 있는 관, 70점 이상 80점 미만은 상태가 비교적 양호한 관, 80점 이상은 상태가 매우 양호한 관의 상관관계가 되도록 점수를 배분하였다.

이 방법은 상수도관의 노후도를 단순하게 정량화시켰으며 다양한 인자에 의하여 노후도를 평가함으로써 합리적이고 경제적으로 관의 갱신을 계획, 시행할 수 있도록 한다. 그러나 실제 적용을 위하여는 다양한 평가 인자에 대한 자료의 조사가 선행되어야 한다.

2.2 데이터베이스 설계

본 시스템을 구현하기 위한 데이터베이스는 주로 창원시에서 구축한 것을 사용하였고 필요한 경우에는 직접 입력, 제작하였다. 그리고 각 기능을 효과적으로 실행시킬 수 있도록 선정, 설계되었으며, GIS의 장점을 최대한 살릴 수 있도록 인덱스화 하였다. 데이터베이스 설계는 연구에 사용할 GIS 툴의 종류에 따라 달라지게 되므로 그에 적합한 데이터베이스 포맷을 연구하는 것이 중요하다. 본 연구에서 사용한 GIS 툴은 ESRI의 ARC/INFO이며 모든 데이터베이스는 ARC/INFO에 적합하도록 설계되었다. 그림 1은 노후도 출력을 위한 과정이며 노후도 평가를 위한 데이터베이스 설계는 이러한 과정에 의하여 이루어졌다.

본 연구에서는 창원시에서 구축한 도곽, 지형평면(건물, 실폭도로, 도로구조물), 도로망(도로중앙선, 교차로), 지적, 상수도(상수도관, 상수도관련시설) 레이어를 사용하였으며 레이어에 따른 속성테이블 외에 확장테이블, 참조테이블을 설계하였다.

확장테이블은 관로의 노후도를 평가하고 평가 결과로 작성되는 결과 데이터를 연속적으로 보관하도록 ARC/

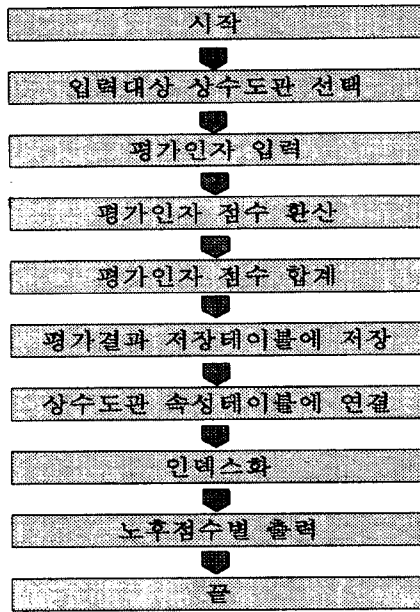


그림 1. 노후도 출력 진행도

INFO의 INFO 모듈(Module)을 사용하여 작성하였다. 표 1은 노후도 출력을 위한 평가결과 저장테이블이다.

참조테이블은 도면을 출력하는데 있어 색상이나 심볼을 효과적으로 표현할 수 있도록 표시하는데 사용함으로써 작업의 효율성을 높인다.⁹⁾ 본 연구에서 설계, 작성한 참조테이블은 관종별, 관경별, 매설년수별, 사고빈도별 분류테이블과 지하매설물의 구분 표기를 위한 테이블 등이 있으며, 관종별 분류테이블과 지하매설물의 구분 표기를 위한 테이블을 표 2에 나타내었다.

3. 상수도관 안전도 관리 시스템

3.1 시스템의 구현

표 1. 평가결과 저장테이블

번호	항목명	항목	형식(길이)	Key	Null	비고
1	ID	속성테이블 연결을 위한 코드	B(4)	P	N	
2	YEAR	실행 일자	C(4)		N	
3	A0	최대수압 가중치	N(2)		N	
4	B0	매설지역 가중치	N(2)		N	
5	C0	도로 가중치	N(2)		N	
6	D0	관중 가중치	N(2)		N	
7	E0	매설년수 가중치	N(2)		N	
8	F0	누수 및 파손기록 가중치	N(2)		N	
9	G0	무수율 가중치	N(2)		N	
10	H1	토양저항률 가중치	N(2)		N	
11	H2	pH 가중치	N(2)		N	
12	H3	Redox 전위 가중치	N(2)		N	
13	H4	황산이온, 염소이온 가중치	N(2)		N	
14	I0	C값 가중치	N(2)		N	
15	J0	기초공 가중치	N(2)		N	
16	K0	되메움 토양 가중치	N(2)		N	
17	L0	환경 가중치	N(2)		N	
18	M0	Catodic Protection 가중치	N(2)		N	
19	N0	Joint(접속방식) 가중치	N(2)		N	
20	O0	밸브, 분기관 가중치	N(2)		N	
21	P0	접속관 가중치	N(2)		N	
22	TOTAL	평가점수 합계	N(3)		N	

본 시스템은 크게 6개의 세부 시스템으로 나누어져 있으며 각 시스템은 다시 2~7개의 모듈 시스템으로 구성되어 있다. 각 모듈별 시스템은 상수도관을 관리하고 있는 실무자가 업무에 직접 적용할 수 있는 항목 위주로 구현하였다.

3.1.1 노후도 평가 시스템

노후도 평가 시스템은 관의 노후도를 평가하기 위한 시스템으로써 평가점수 입력 시스템, 노후도 출력 시스템, 사고빈도 출력 시스템으로 구성되어 있다.

표 2. 참조테이블 설계

● 관종별 분류를 위한 테이블						
번호	항목명	항목	형식(길이)	Key	Null	비고
1	KNJONG	관종분류코드	C(8)	P	N	
2	SYMBOL	심볼종류	I(3)		N	
● 지하매설물 구분 표기를 위한 테이블						
번호	항목명	항목	형식(길이)	Key	Null	비고
1	ALL	지하매설물분류코	C(40)	P		N
2	SYMBOL	심볼종류	I(3)		N	

평가점수 입력 시스템은 특정관에 대한 각종 평가 인자들의 평가점수를 입력하는 것으로 2장에서 설명한 관의 종류에 따라 입력 항목의 수가 1~4개씩 차이가 나기 때문에 각 종류별 입력 화면을 각각 다르게 설계하였으며 사용자가 화면에서 특정한 관을 마우스로 클릭하면 그 관에 해당하는 입력 화면이 자동으로 나타나게 제작하기 위하여 평가 인자 코드 테이블과 평가 인자 분류 테이블을 제작하였다. 이 두 테이블을 상수도관 커버리지의 속성 테이블에 연결시킴으로써 각 관은 노후도 평가 모델에서 구분된 8가지의 종류에 따른 입력 화면에 연결되도록 하였다.

노후도 출력 시스템은 각 관로를 평가 결과 저장 테이블과 연결시키고 노후도 별 점수가 인덱스화 되어 노후도를 한눈에 알아 볼 수 있도록 제작되었다. 각종 인자들에 대한 값들이 각 관로마다 입력이 되고 나면 이들 평가 값에 의하여 노후정도가 색상으로 구분되어 출력된다. 그림 2는 노후도 출력화면이다.

사고빈도 출력 시스템은 관의 최근 5년간의 사고빈도를 출력하는 기능으로 사고빈도가 평가점수입력 시스템에서 입력되는 값으로 실시간 갱신되며 인덱스를 만들기 위하여 확장테이블을 설계, 작성하여 상수도관 커버리지에 연결시켰다.

3.1.2 제원별 출력 시스템

제원별 출력 시스템은 관중, 관경, 매설년수등으로 분류된 도면을 출력하는 시스템이다.

관중별 출력 시스템은 각 관의 종류에 따라 인덱스를 출력하고 전체관의 속성을 보여주는 시스템이다. 또한 이 시스템에서는 각 관마다 고유의 번호를 출력시켜 속성을 보고자 하는 관과 연계할 수 있도록 하였고, 확장테이블을 설계, 작성하여 상수도관 커버리지에 연결 시켰다.⁹⁾

관경별과 매설년수별 출력 시스템은 각각 지름과 매설년수로 관을 분류하여 출력하는 시스템으로 참조테이블을 설계, 작성하였다. 참조테이블은 상수도관 커버리지에 연결되어 있다. 그림 3은 관중별 출력 화면이다.

3.1.3 피해요소 추적 시스템

피해요소 추적 시스템에서는 어느 지점의 상수도관이 파괴되었을 경우 잠가야 할 밸브의 위치를 나타내 주고, 밸브를 잠그었을 경우 물의 공급이 차단되는 관로 구간과 해당 건물 등을 표시하고 피해 요소들에 대한 속성을 보여준다.

잠금대상 밸브 출력 시스템에서는 상수도관 사고시

잠가야할 밸브의 위치를 잘 나타내기 위하여 주변 건물의 이름을 동시에 출력하였다. 이 시스템의 구현을 위하여 상수도관의 밸브 지점을 일정 반경으로 자른 후 ARC/INFO의 네트워크 기능을 이용하였다.

단수대상 건물 출력 시스템은 상수도관 사고시 단수가 되는 건물을 그 속성과 함께 출력하는 시스템으로 각 건물마다 고유의 번호를 출력하여 건물과 그 속성값을 연계할 수 있게 하였으며 속성값으로 건물의 주소와 전화번호를 출력하여 단수시 각 건물마다 연락을 쉽게 할 수 있도록 고려하였다. 이 시스템의 구현을 위하여 급수관 레이어를 생성하였으며, 각 건물의 추적은 단수가 되는 지역내의 급수관 레이어와 겹쳐지는 건물을 추적, 출력하였다. 그림 4는 단수대상 건물을 출력한 화면이다.

3.1.4 응급정보 조회 시스템

응급정보 조회 시스템은 상수도관 사고의 발생시 신속한 복구를 위한 정보를 제공하는 시스템으로 상수도 사업본부 조회, 방재기관 조회, 통제도로 구간 조회 등의 정보를 제공한다.

상수도사업본부와 방재기관 조회 시스템에서는 상수도관 파손시 신속하게 연락 하여야 할 기관들을 조회하는 시스템이다. 각 시스템의 속성 정보는 건물 레이어의 속성 테이블에 넣지 않고 별개의 텍스트 파일을 작성하여서 쉽게 속성 정보를 수정할 수 있도록 하였다. 그림 5는 방재기관을 조회한 화면이다.

통제도로구간 조회 시스템은 상수도관 파손시 유출된 물에 의하여 자동차등의 통행이 제한되는 도로 구간을 조회하는 시스템이다. 이 시스템의 구현을 위하여 파괴되는 상수도관과 겹쳐지는 도로를 선택, 출력하였다.

3.1.5 공사 관리 시스템

공사 관리 시스템은 매설물에 영향을 미치는 공사를 관리하기 위한 시스템으로 매설물 현황, 건설공사 현황 출력 시스템으로 구성되어 있다.

매설물 현황 조회 시스템은 공사를 착공하기 전에 공사를 하는 지역에 대한 매설물의 현황을 보여 줌으로써 굴착시 매설물의 파손을 막기 위한 시스템으로 각 매설물을 인덱스로 구분하여 출력한다. 이 시스템의 구현을 위하여 별도의 확장테이블을 작성하였다. 그림 6은 매설물 현황을 출력한 화면이다.

건설 공사 현황 조회 시스템은 현재 시공되고 있는 공사현장 및 공사내용을 출력하는 시스템으로 상수도사

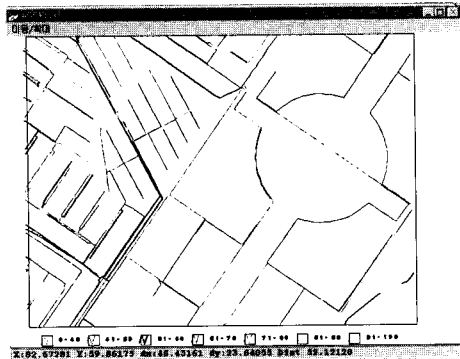


그림 2. 노후도 출력 화면

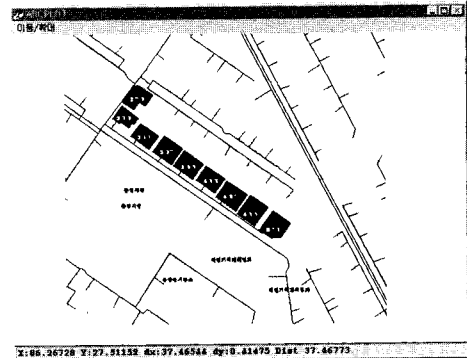


그림 4. 단수대상 건물을 출력한 화면

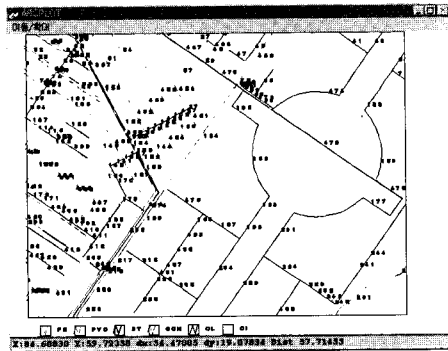


그림 3. 관종별 출력 화면

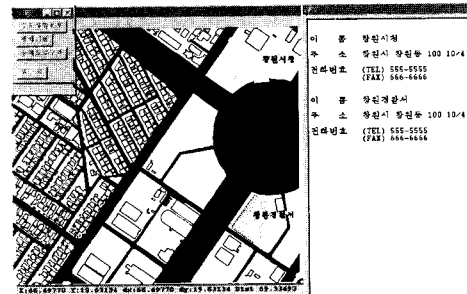


그림 5. 방재기관을 조회한 화면

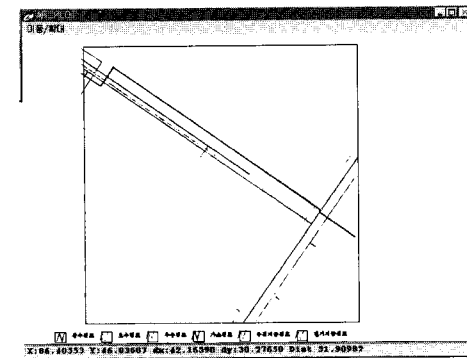
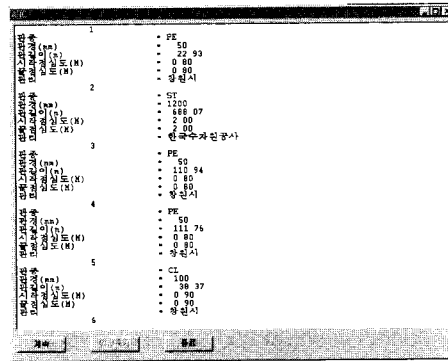


그림 6. 매설물 현황 출력 화면

업본부 등에서 공사에 의한 상수도관의 파괴 등을 감시, 관리할 수 있도록 하는 시스템이다. 이 시스템에서는 대부분의 상수도관은 도로 밑에 있다는 것에 착안하여 도로의 속성테이블에 공사와 관련된 정보를 입력하였다.

3.1.6 화면 조정 시스템

화면조정 시스템은 화면상에 출력된 그래픽을 사용자의 필요에 의하여 조정하는 시스템으로 확대, 축소, 다시그리기, 지우기, 이동, 부분확대, 전체화면 등으로 구성되어 있다.

3.2 시스템 분석

본 시스템과 현재 상수도사업본부에서 적용하고 있는 노후도 평가 및 관리 방법과의 비교에 의한 유용성을 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 노후도에 의한 관 교체시기 결정

현재 상수도사업본부에서는 주로 매설년수와 누수빈도에 의하여 관의 교체시기를 결정하고 있다. 그러나 이것은 본 시스템에서 적용한 19가지인자 중 매설년도와 누수빈도만을 고려하고 나머지 인자는 고려하지 않

은 방법이라 할 수 있다. 매설년도에 의한 관교체 방법은 아직 노후화가 덜된 양호한 관을 교체할 가능성이 있으며, 누수빈도에 의한 방법은 1개의 관에만 적용되기보다는 특정지역으로 유입된 수량과 유출된 수량으로 누수를 결정하는 방법이므로 1개의 특정관에 대한 노후도를 알기 힘들고, 누수의 원인이 꼭 관의 노후화에 의한 경우만 있는 것이 아니라 연결부 등의 시공불량에 의한 경우도 있기 때문에 관의 노후상태를 정확히 반영하지 않을 수도 있다. 개발된 시스템 또한 현재의 여건상 누수빈도를 개개의 관마다 실측하여 입력하기 어려우므로 누수빈도가 지역단위로 입력될 수 있으나 누수빈도는 단지 노후도를 평가하는 19가지 인자 중 하나이므로 다른 인자들을 참고하여 이것이 시공불량에 의한 것인지 노후화에 의한 것인지를 추측할 수 있다.

3.2.2 단수대상 건물 추적

현재 상수도사업본부에서는 단수의 발생이 예상되는 지역에 대하여 사전에 홍보를 하고 있으며 홍보 방법으로 각 가정에 방문이나 전화를 통해서 하는 경우도 있으나 거의 대부분은 대상지역에 대하여 방송매체나 동사무소의 앰프를 통하여 알리고 있다. 그러나 후자의 경우 대상지역에 포함되어 있는 가정도 배관망의 구성에 의하여 단수가 되지 않거나 대상지역이 아니어도 단수가 되는 경우가 있어서 각 가정에 불필요한 준비를 하게 하거나 미처 대비를 못하여 어려움을 겪는 가정을 발생하게 하는 등 문제점을 나타내었다. 그러나 현재의 여건상 모든 가정에 전화나 방문으로 홍보를 하기에는 시간적, 인적 차원에서 어려운 실정이다.

다음은 각 가정마다 전화로 단수홍보를 하는, 현재 상수도사업본부의 예상 처리 과정과 본 시스템의 단수대상 건물 추적 시스템의 비교도이다.

그림 7에서 보았듯이 이 시스템을 사용할 경우 많은 시간과 인적 노력을 절약할 수 있으며, 특히 단수홍보를 하여야할 가정이 많을 경우 그 효과는 더욱 클 것이다.

3.2.3 공사관리

현재 상수도사업본부에서 상수도관의 매설, 갱생, 보수 등을 위하여 도로 굴착을 해야 할 경우에는 우선 구청 건설과 건설행정계의 허가를 받아야 한다. 허가를 받기 위해서는 배관망도를 복사하여 한국전력, 도시가스 공사와 같은 지하매설물 관리 기관과 협의를 해야만 하고 승인이 난 후에도 지하매설물 관리 기관의 현장입회 가 있어야 한다. 이러한 복잡한 과정은 지하매설물을

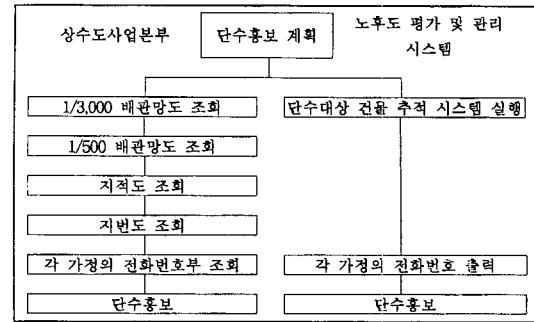


그림 7. 단수대상 건물 추적 비교도

통합 관리하는 기관이 없기 때문이다.¹⁾ 그러나 지하매설물을 통합 관리하는 기관이 이 시스템의 지하매설물 현황 조회와 같은 모듈을 갖추고 있다면 앞에서 언급한 허가 과정의 상당수를 줄일 수 있을 것이다. 그리고 이 시스템의 공사현황 조회 모듈은 공사지역에 매설된 상수도관에 특별한 주의를 기울일 수 있도록 함으로써 공사에 대한 안전도를 확보할 수 있도록 하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 신속, 정확하고 효율적인 상수도관의 관리를 위하여 GIS를 이용, 비전문가라 할지라도 안전도에 대한 사전지식만 있으면 누구나 쉽게 사용할 수 있는 프로토타입의 안전도 관리 시스템을 개발하였다.

1) 본 시스템은 상수도관의 노후도를 매설년수, 재질, 누수빈도 등 다양한 인자를 고려하여 평가하기 때문에 어느 한 특정 인자만 고려하여 노후도를 평가하고 관의 교체 시기를 결정하는 경우보다 합리적이고 경제적이며, 배정별 인덱스를 사용함으로써 전체관의 노후도 및 노후도에 따른 관의 분포를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

2) 본 시스템은 상수도관의 파손시 잠금대상 밸브 및 단수대상 건물을 자동으로 추적하고 대상 건물과 관련 기관에 대한 위치와 속성 정보를 출력시킴으로써 정확하고 신속한 응급 처리를 할 수 있도록 하였다.

3) 본 시스템은 지하매설물 현황을 제공함으로써 각종 공사시 유발될 수 있는 지하매설물의 파괴를 방지할 수 있도록 하였다. 또한 건설 공사 현황을 조회하여 공사 현장 주위에 매설된 상수도관의 안전도를 확보할 수 있도록 하였다.

4) 본 시스템은 상수도관의 각종 제원별로 도면과 속

성을 동시에 출력시킴으로써 기존의 도면과 대장을 따로 관리하는 경우보다 신속하고 효율적으로 상수도관을 관리할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. 김영균, 조윤숙, 지하매설물 관리체계 설계 및 운영방안 연구, 국토개발연구원, 1996.
2. 김재영, 신동빈, 지하매설물관리체계 개발계획, 국토개발연구원, 1996.
3. 장영희, 김은영, 서울시 지리정보시스템 구축에 관한 연구, 서울시정개발연구원, 1993, 15-20.
4. 한국수자원공사, 수도관 개량을 위한 의사결정시스템개발, 1995. 17-21, 480-488.
5. 한진지리정보, 항공사진측량에 의한 도로관리 종합정보 시스템 구축 데이터베이스 설계 보고서, 창원시, 1995, (2-18)-(2-222).
6. Christopher, J., Geographical Information System and Computer Cartography, Longman Singapore Publisher, 1997, 82-92.
7. Environmental System Research Institute, Inc., Understanding GIS, 1994.
8. Fung, T., Lai, P. C., Lin, H., and Yeh, A. G., GIS in ASIA, GIS Asia Pacific, 1996, 139-149.