

제 14 장 광역상수 시설 관리의 개선방안

이 재 용

14.1 서 론

우리 나라의 수도역사는 90년에 이르고 있으며 급수도시의 수는 1960년대를 중심으로 크게 증가하여 '96년 말 현재 649개 도시에 이르렀다. 전국의 수도보급율도 1996년 말 기준 83.6%에 달하고, 또한 시설용량은 2,291만m³/일에 이르고 있다.

그간 우리의 상수도 급수형태의 변천과정을 살펴보면, 1908년 서울 뚝도에 1일 12천m³ 규모의 근대식 상수도가 도입된 이래 60년 이전까지는 도시별 인근의 수원을 이용한 자족적 개발형태로, 기능성에 있어서는 생활의 편리성 제공과 전염병 예방등 공중위생의 확보에 있었다면, 70년대 이후 고도성장과 산업구조 개편시기에 있어서의 상수도는 양적으로 풍부하고, 질적으로 안전한 대단위 수원개발과 대도시, 공업단지, 인근도시를 단일 급수권으로 하는 광역급수 체계의 도입이 시도되는 시기로 1973년 팔당호를 수원으로 서울, 인천, 부천, 성남등 4개도시에 용수를 공급하는 수도권광역상수도,울산,창원,여천공업용수도 건설사업이 시작되어 광역급수체계가 본격적으로 도입되는 시기로 볼 수 있을 것이다. 80년대 이후 국토의 균형개발 정책 방향에 따라 지역간 상수도 급수혜택의 형평성 확보를 위하여 중,소규모 용수댐 개발과 연계한 상수도 개발에 역점이 주어지는 형태로 변천되고 있다. 이러한 정책이 성공하기 위해서는 전국토의 어느 곳에서든지 물이 부족하여 국민이 불편을 겪거나, 공업입지에 제한을 받는 일이 없도록 수자원의 균등배분과 물의 이동이 안정적으로 이루어져야 할 것이고, 광역상수도에 있어서는 물의 이동체계 정비와 도·송수시설 관리에 역점이 주어져야 할 것이다.

14.2 상수도시설 현황

14.2.1 상수도 공급현황

인구증가, 도시화의 진전 및 생활수준의 향상에 따라 상수도에 대한 수요증가와 함께 투자가 확대되어 상수도 시설용량이 1960년 1일 517천m³에서 1996년 22,908천 m³으로 무려 44배나 확장되었고 급수인구도 38,823천명으로 늘어나 상수도 보급율도 83.6%로 높아졌다.

표 14.1 상수도 시설용량 및 보급률

구 분	1960	1970	1980	1990	1996	2001
상 수 도 시 설 용 량 (천 m ³)	517	2,166	6,756	16,274	22,908	26,761
급 수 인 구 (천 명)	4,210	10,430	20,809	33,631	38,823	42,634
급 수 량 (l/일, 1인)	99	158	256	369	409	440
보 급 율 (%)	16.9	33.2	54.6	78.4	83.6	90

자료 : 상수도통계(환경부, 1997)

14.2.2 광역상수도 현황

우리 나라는 1970년까지만 하여도 하천의 오염상태가 그다지 심각하지 않아 용수 수요지 인근에서 비교적 쉽게 용수를 취수할 수 있어 광역상수도시설은 겨우 하루 12만 m³ 정도에 불과하였다.(수원 안양공업용수도 10만 m³과 대덕 공업용수도 2만 m³) 그러나 70년대 이후 용수수요가 급증하고 기존 취수원은 수질이 악화되거나 고갈되어 지역적인 취수에 의존하는 지방상수도만으로는 도저히 급증하는 용수수요를 감당할 수 없어 원거리 취수원의 개발이 불가피하게 되었다. 1981년 수도권(II) 광역상수도를 완공함으로써 우리 나라의 광역급수 시대가 전개되었으며, 광역상수도 건설과 함께 울산, 창원, 여천등 중화학 공업지역의 공업용수도 사업도 활발하게 추진되었다. 1997년 현재 광역 및 공업용수도 시설용량은 전체 상수도의 약 45%에 달하고 있으며, 수도권 5단계, 전주권, 아산공업용수도 등이 완료되는 2000년대에는 전

제 14 장 광역상수 시설 관리의 개선방안

국 수도시설의 절반 이상을 광역상수도에서 담당하게 될 것으로 전망된다.

표 14.2 우리나라의 상수도중 광역상수도의 점유율

단위 : 천m³/일

구분 년도별	시 설 용 량			공 급 량		
	전국수도	광역상수도	광역점유율	전국수도	광역상수도	광역점유율
1980	6,756	1,507	22.3%	5,341	779	14.6%
1985	10,214	4,661	45.6%	7,662	3,309	43.2%
1990	16,274	6,521	40.1%	12,421	5,212	42.0%
1997	22,908	11,664	50.9%	15,879	7,932	49.9%

표 14.3 광역상수도 시설 현황

(단위:천m³/일)

구 분	사업명	취수원	공 급 지 역	시설용량
소 계			44개시 22개군 5개공단	8,348
광 역 상 수 도 (13개소)	수도권광역 (20개시 4개군 3개공단)	팔당댐	서울,인천,부천,성남,용인,안양,수원,과천,안산, 군포,의왕,광명,시흥,하남,오산,구리,평택,고 양,남양주,의정부시(20개시) 김포,화성,안성군(3개군) 반월,시화,아산지구(3개공단) 분당,산본,평촌(3개신도시)	5,455
	일 산 (1개시)	한강잠실 수중보	고양시(일산 신도시)	250
	태백권광역 (3개시,2개군)	광동댐	태백시,삼척시(2개시)	70
		달방댐	정선,영월군(2개군) 동해시(1개시)	40
	대청광역 (3개시,2개군)	대청댐	청주,아산,천안시(3개시) 청원,연기(2개군)	250
		낙동강광역 (2개시,1개군, 2개공단)	낙동강 본류 구미	구미,김천시(2개시) 칠곡,선산,김릉군(3개군) 구미 및 안동공단(2개공단)
	금강광역 (4개시,2개군)	금강본류 부여	익산,군산,전주,논산시(4개시) 완주,부여군(2개군) 조폐공사등(2개공장)	300
	섬진강광역 (2개시,2개군)	섬진강댐	정읍,김제시(2개시) 부안,고창(2개군)	90

표 14.3 광역상수도 시설 현황(계속)

(단위:천m³/일)

구 분	사업명	취수원	공 급 지 역	시설용량
광역 상 수 도 (13개소)	남강광역 (2개시,1개군)	남강댐	통영,사천(2개시) 고성(1개군)	121
	운문댐광역 (3개시,1개군)	운문댐	대구,경산,영천시(3개시) 청도군(1개군)	370
	주암댐광역 (3개시,1개군)	주암댐	광주,목포,나주(3개시) 화순(1개군)	480
	전주권광역 (2개시)	용담댐	전주,익산시(2개시)	150
	부안댐광역 (2개군)	부안댐	부안,고창군(2개군) 새만금 간척지구	87
	보령댐광역 (2개시,5개군)	보령댐	보령,서산시(2개시) 서천,홍성,예산,당진,태안군(5개군)	285

표 14.4 공업용수도 시설현황

(단위 : 천m³/일)

구 분	사업명	취수원	공 급 지 역	비 고
소 계			12개시 2개군 826개공장	3,316
공 업 용 수 도 (9 개소)	창원공업용수 (3개시, 500개 공장)	낙동강 본포지점	창원,김해,진해시(3개시) 한일합섬,조선맥주등(500개공장)	285
	울산공업용수 (I, II)(1개시, 167개 공장)	낙동강 원동지점	울산,양산시(2개시) 태광산업,삼우화학등(167개공장)	1,445
	거제공업용수 (1개시,10개공장)	구천댐 연초댐	거제시(1개시) 삼성중공업,거제중공업(10개공장)	36
	포항공업용수 (2개시, 39개공장)	영천댐	포항,경주시(2개시) 포항제철,철강공단,강원산업등 (39개공장)	320
	여천·광양공업 용수(4개시,2개군 50개공장)	주암댐 수어댐 (섬진강)	순천,여수,광양,여천시(4개시) 보성,고흥군(2개군) 여천공단,광양제철,연관단지 (50개공장)	865 (여천계통:540) (광양계통:325)
	대덕공업용수 (3개공장)	금 강	병양식품,쌍용양회,한국타이어 (3개공장)	20
	대불공업용수 (1개공단)	영산강 (몽탄)	대불공단	115
	군산공업용수 (1개시)	금강하구호	군산제1,2지방공단, 군산제1국가공단(3개공단)	130
수원,안양 (53개공장)	한강분류 (청남동)	수원,안양공단등(53개공장)	100	

14.3 상수도관로 현황

상수도관로는 도수, 송수, 배수, 급수 등 물의 수송로 역할을 하며, 이들 시설비용은 전체 상수도 시설 공사비의 60~70%를 차지하는 중요한 시설이다. 우리나라의 상수도 관로의 연장은 1996년말 현재 철도 총연장 3,098km의 35배, 고속도로 총연장 1,824.5km의 59배에 이르는 108,566km에 달한다. 이 가운데 송수관은 5%인 5,156km, 배수관은 37%인 42,137km, 급수관은 58%인 61,273km로 구성되어 있으며 노후상수관 현황은 (표 14.5)와 같다.

표 14.5 경과년수별 상수관 현황

전 국	20년 이상	11~19년	10년 이하
108,566	7,543	38,109	62,914
100 (%)	7.0 (%)	35.0 (%)	58.0 (%)

정부에서는 상수도의 수질저하를 방지하고자 총 108,566km에 달하는 상수도관 가운데 노후관 56,016km를 2011년까지 교체하기로 하고 여기에 소요되는 사업비 중 50%를 장기저리로 융자 지원해 주고 있다. 또한 1994년 4월 1일부터는 상수도관 중 녹이 잘 스는 아연도강관의 사용을 전면적으로 금지 하였으며, 지방자치단체의 노후관 개량계획 수립에 도움을 주고 노후관 개량사업의 효율성을 높이기 위해 “노후수도관 판정기법 및 개량지침”을 제정 보급한 바 있다. 또한 광역상수도를 관리하는 한국수자원공사에서는 노후관 개량을 위한 보다 과학적인 판단기준을 마련하기 위하여 1994년에 “수도관 개량을 위한 의사결정 지원시스템 개발”연구를 완료하여 관로의 노후도 진단에 사용중에 있는데 이에 대하여는 다음에 언급하기로 한다.

14.4 광역상수도 관로현황

광역상수도의 관로는 주로 구경이 1,000mm~2,400mm로서 대구경이며 각 취수원으로부터 수용가인 각 시,군의 정수장에 원수를 공급하는 매우 중요한 시설물로서 수도관로 사고시 단수지역이 광범위하여 공급중단이 장기화 될 경우 사회적 문

제를 야기 시키는등 매우 중요한 시설이다. 한국수자원공사에서 관리하는 광역상수도 관로의 총 연장은 1,964km에 달하며 이는 경부고속국도의 약 4배에 달하는 거리이며 광역상수도의 관로현황을 살펴보면 아래와 같은데 1000mm이상인 대형관로가 점하는 비율은 58%에 이르는 것을 볼 수 있으며 이중 2000mm이상인 대형관로도 16.9%에 이르는 것을 알 수 있다.

표 14.6 광역상수도 관경별 관로현황

(단위 : km)

본부별	계	관경별 관로현황 (mm)					
		2400이상	2200~2000	1800~1500	1350~1000	900~600	500이하
총 계	2,354 (100%)	118 (5.0%)	280 (11.9%)	377 (16.0%)	592 (25.2%)	664 (28.2)	323 (13.7)

14.5 상수도관 개량을 위한 의사결정 시스템 개발

송·배수관망은 상수도시설의 중요한 일부이나, 지하에 묻혀 있어 관의 노후상태 파악이 어려워 적절한 시기에 효과적인 관리를 하지 못하고 있다. 이로 인하여 노후화된 관에 균열이 일어나 막대한 양의 누수가 발생하고 있으며, 때로는 급작스러운 파열로 주민들에게 불편을 끼치고, 교통장애등 많은 문제를 일으키고 있다. 행정당국이나 수도사업체가 노후관의 손실을 사전에 예방하기 위하여 노후관 개량 사업을 추진하고 있지만 관의 노후화를 예측할 수 있는 뚜렷한 기준이 선정되어 있지 않으므로, 관 개량의 우선순위를 정함에 있어서 관의 매설년수에만 의존하고 있는 실정이다.

관의 노후화는 여러 가지 복합적인 인자에 의하여 진행되므로, 매설년수나 관로의 파손기록등을 포함하는 많은 영향인자를 고려한 노후화 평가모델의 구성은 노후관 개량사업의 효율적인 추진을 위해 필요하다. 따라서 관로에 대한 정보수집 및 분석이 선행되어야 함에도 불구하고 국내에서는 아직까지 미비한 점이 많으므로 이에 대한 보완작업과 아울러 관로의 노후화 평가를 위해서 지금부터라도 관 파손원인 및 특성에 대한 자료축적 및 축적된 자료의 분석·평가가 절실히 요구된다. 여기서는

한국수자원공사에서 사용중인 상수관 개량을 위한 의사결정 시스템의 내용을 간략하게 소개하고자 한다.

14.5.1 상수도관로의 파손원인과 파손특성

수도관의 파손원인은 일반적으로 복합적 원인에 의해서 발생하는 경우가 흔하다. 일본의 수도관로 기술센터에서 조사한 보고내용에 의하면 복합적 형태로 나타나는 사고의 원인을 관체의 손상과 접합부의 이탈로 대별하고 있다.

또한 일본수도협회가 수도관 누수에 영향을 주는 인자에 대한 세계 56개 도시의 설문조사에 의하면 첫째 원인은 토양의 이동(함수율 변화, 온도변화원인 포함)이고, 둘째는 관체의 부식, 셋째로는 교통하중에 의한 원인 순으로 나타났다.

표 14.7 수도관의 파손원인 (일본 수도관로기술센터)

1. 재 질	1) 관, 부대시설 재질의 불량 2) 부식에 의한 강도저하(관재질,수질,토질,미주전류) 3) 재질의 악화
2. 관로이설 시공기술	4) 시공기술 5) 부적절한 매설 6) 다른 구조물과의 접촉
3. 급수의 상태	7) 수압 8) Water Hammer 9) 수질(내부부식) 10) 온도변화 11) 누수방치에 의한 관로주변의 공동화
4. 관로이설장소의 환경	12) 교통하중의 증가 13) 관로주변 토양의 움직임(동결,동토,우기,갈수에 의한 함수율의 저하, 토질) 14) 지진에 의한 응력변화 15) 토양의 침식 16) 온도변화 17) 설계시공시의 제반여건과 현재여건의 차이
5. 다른 공사 및 재해에 의한 사고	18) 다른 공사에 의한 파손 및 환경의 변화 19) 재해에 의한 도로의 파손

관로파손의 형태는 원주방향의 파손(Circumferential), 길이방향(Longitudinal), 부식 또는

압력에 의한 구멍, 접합부 이탈 등 4가지 형태로 크게 구분할 수 있다.

파손 형태별 특징을 보면 원주방향의 파손은 소구경 관로에서 발생하기 쉽고, 길이 방향 파손은 대구경관 특히 주철관에서 발생되기 쉬운 형태이고, 구멍은 주변토양의 전기적 특성에 의한 것으로 대구경 강관의 경우에 많이 나타나는 형태이다.

관로의 파손은 매설년도, 매설환경 등에 의한 지배를 받을 수 밖에 없으나 외국의 조사결과를 보면 관종별로는 주철관이 파손율이 가장 높고, 석면시멘트관 강관순으로 나타나고 있다. 관경도는 소구경관이 파손율이 높게 나타난다.

표 14.8 관종별 파손율 (일본의 도쿠시마시, 1982-1986)

관 종	길 이 (m)	건 수	발생율(건/km.년)	매설기간
주 철 관	1,591,584	181	0.227	1924~1973
닥타일주철관	1,825,872	14	0.015	1969~1986
석면시멘트관	898,855	105	0.234	1927~1973
비 닐 관	823,695	208	0.505	1954~1986
강 관	102,151	3	0.059	1927~1986

매설년수와 파손 발생율의 관계에 있어서는 매설년수와 관로 파손과는 관계가 없다는 것이 일반적이다.

사실 매설 후 경과년수가 길수록 파손율이 크지만 어떤 경우에는 매설환경 및 관중에 따라 노후도 진행이 늦어지는 경우도 있기 때문으로 보인다.

14.5.2 상수도 관로의 상태 진단과 평가방법

관을 평가하기 위한 주요한 분석기법은 크게 3가지로 분류될 수 있는데 기술적 분석, 예견적 분석 그리고 물리적 분석을 들 수 있다.

기술적 분석(Descriptive Analysis)은 관로시스템 목록과 보수기록 자료를 조직화하고 요약하여 시스템의 물리적 특성과 보수패턴 추세를 결정하는 것이다. 기술적 분석은 관의 갱생과 보수에 있어 절대적으로 필요한 부분이며, 관의 형태와 위치에 따른 파손율을 결정하는데 필요한 기초적 자료를 제공한다. 기술적 분석을 하려면 관경, 재질, 매설년수, 관의 위치와 같은 현황자료와 보수일자, 보수종류 등의 관리

자료가 필요하고, 환경, 매설심도, 토양의 종류 등의 조사자료가 필요하다.

예견적 분석(Predictive Analysis)은 통계적 기법으로 다중회귀분석등이 도입되는데 다중회귀분석은 한 개 이상의 독립변수와 종속변수들 사이의 성형관계가 존재하는지의 여부를 결정하는 것이다. 일반적으로 종속변수는 관로의 보수문턱에서 보수율 또는 보수시기가 되고, 독립변수는 관로를 악화시키는 직접적인 인자들이 된다. 예견적 분석 모델의 사례로 디모인시 수도국(Des Moines Water City)모델, EPA모델등이 조사된 바 있다. 상기 모델에 대한 세부내용은 한국수자원공사가 개발한 수도관 개량을 위한 의사 결정시스템 개발보고서에 수록되어 있다.

물리적 분석(Physical Analysis)은 공학이론을 이용하여 내·외부부식, 하중, 강도를 추정하며 관로의 초기 강도와 현재강도를 비교함으로써 평가될 수 있다. 물리적 분석 모델은 캐나다 벤쿠버시의 모델, 미공병단모델, 필라델피아 수도국모델 등이 조사된 바 있다.

이와 같이 관로의 평가방법에는 여러 가지가 있으나 평가방법을 선정함에 있어서는 평가방법이 실제적으로 관로의 상태를 현실에 근접하게 표출할 수 있도록 단계적 개발과정을 거쳐야 한다.

14.5.3 수도관의 노후도 예측모델

노후도를 예측하는 모델의 대표적인 형태는 Numerical Weighting System이나 Regression Model로 양분 할 수 있다. Regression Model은 노후도를 예측하기 위하여 사용하는 인자의 종류가 적어서 자료의 수집과 이의 사용이 Numerical Weighting System보다 간편하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 Regression Model은 축적된 자료를 통계적 회귀분석에 의하여 인자간 상관도와 중요도를 판정하므로 우리나라와 같이 자료의 축적이 미비된 경우이거나 혹은 신뢰성이 적은 자료를 활용하여 모델을 개발하게 되면 실상을 전혀 반영하지 못하는 모델이 될 위험성이 매우 크다. 이에 비하면 Numerical Weighting System은 20여 개의 관련인자들을 서로 연관시켜 노후도의 진행정도를 평가하므로 각 인자들의 영향이 서로 보완하고 중첩되면서 1-2개 인자의 오차가 전체적인 평가를 좌우하는 우를 줄여간다. 또한 Numerical Weighting System은 실제 활용의 면에 있어서 개발된 모델을 현장에 적용하며 축

적되는 자료를 이용하여 모델을 조정 또는 보완하여 효율성을 증진시키는 것도 훨씬 수월하며, 통계적인 전문성 보다는 경험이 풍부한 실무자가 잘 활용할 수 있는 평가방법이다. 이러한 고찰의 결과로 한국수자원공사는 노후도 진단을 위해 Numerical Weighting System 형태의 노후도 예측모델이 개발되었으며, 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 초기모델 구성인자의 선정에 있어서는 외국의 사례와 국내에서 취득 가능한 자료에 근거하여 7개 항목을 관련인자로 선정하였다.
 - (1) 관의 특성 관련인자 (관종, 매설년도)
 - (2) 내부부식 관련인자 (William-Hazen공식의 C값)
 - (3) 외부부식 관련인자 (토양 전기저항율, 토양 특성)
 - (4) 내·외부 하중 관련인자 (최대수압, 매설지역, 도로폭)
 - (5) 노후도 관련인자 (매설년수, 보수 및 사고이력)
 - (6) 공사 관련인자 (관 매설 기초공 관련)
 - (7) 관로 특정인자 (Cathodic Protection, 관 접합수)

또한 노후도에 관련된 각 인자들은 상대적 주요도에 따라 항목별 점수가 배분되었으며, 광역상수도가 매설된 지역적 특성, 광역상수도가 가지는 경제적 기능 등을 고려하여 인자의 가중치가 부여되고 최종 14개 항목으로 구성된 기본모델을 선정하였다.

2) 기본모델의 수정

관의 노후도를 예측하는 모델이 보다 여러 기관에서 범용성 있게 사용할 수 있고 보다 더 현실성이 있도록 하기 위하여 다음의 기준에 따라 기본 모델이 수정되었다.

- (1) 관종을 보다 세분하여 그 특성에 따라 각각의 점수 체계를 구성하였으며
- (2) 관경은 700mm 이상의 대구경관, 600-150mm 사이의 중구경관, 100mm이하의 소구경관으로 구분하여 사용상 특성에 부합되게 점수 체계를 구성하였다.

700mm를 기준점으로 한 이유는 700mm 이상에서는 공사시 인부가 관내로 출입할 수 있기 때문이며, 100mm 이하의 관은 주로 급수관으로 사용되기 때문이다. 한국수자원공사의 관망은 주로 도·송수관으로서 모델에서 중·대구경관의 기준이 적합할 것이고 지방자치단체의 관망은 주로 급·배수관으로서 중·소구경관의 기준이 적합하도록 조정하였다.

- (3) 모델을 전산화하여 관경과 관종에 따라 적절한 점수체계가 자동적으로 선택되게 하였다.
- (4) 기본모델의 영향인자들 외에 다음의 인자들을 추가로 포함시켰다.
 - 해안지방과 간척지 등을 고려하여 토양내의 염화물 함유도
 - 관로중의 접속관, 밸브, 분기 등의 회수
 - 이질재 사이의 접합
- (5) 누수, 파손의 기록 및 관 접합 항목인자들의 영향을 증대시켰으며,
- (6) 도복장강관의 경우 관경에 따른 관 내부에서의 직접 용접 및 내부도장 여부를 고려하여 조정하였다.

최종 수정모델은 관경별, 관종별로 17~18개항목을 세분하여 결정되었으며 총점 100점 만점으로 구성되어 있으며 한 예로 도복장강관 700mm 이상의 경우의 예는 (표 14.9)와 같다.

14.6 수도시설 GIS 구축

도시의 수평적, 수직적 성장에 따라 도시민의 생활 편익을 도모하는 공공시설물은 도시성장에 따른 공공 시설물의 광역화로 인한 지역적인 이해와 갈등, 경제적 조건, 사회적인 여건에 의해 그 중요성이 가중되고 있다. 또한 국토공간 및 기반시설의 관리 등을 효율적으로 수행하기 위해서는 공간정보를 적용한 GIS(Geographic Information System)개념이 필요하다. 광역상수도 시설의 경우 그 공간적 범위가 다른 공공시설에 비해 협소하고 긴 공간적 범위를 가지며 지형적인 요소에 많은 영향을 받고있어 GIS를 이용한 시설물 관리는 더욱 효과적일 것이다.

표 14.9 관경700mm 이상, 도복장강관의 수정모델 예

항 목	세 부 항 목	점수	항 목	세 부 항 목	점수
1. 최대수압	- 5kg/cm ² 이상	4	10.내부부식 (C값)	- 80미만	0
	- 5-3kg/cm ²	6		- 80-89	3
	- 3kg/cm ² 이하	8		- 90-99	7
		- 100이상		10	
2. 매설지역	- 공업,매립,해안지역	2	11.기초공	- 바닥고르기	2
	- 수도권지역	4		- 사질토기초	3
	- 기타지역	6		- Con'c 기초	5
3. 도로	- 고속,산업도로	2	12.되메움토양	- 점토	1
	- 주간선도로	4		- Silt 또는 Loam	3
	- 기타도로	5		- 모래질	5
	- 비차도	6			
4. 매설년수	- 20년 이상	0	13.관경	- 700-1000mm 또는 2400mm 이상	2
	- 15-20년	2		- 1100-2200mm	5
	- 10-15년	4			
	- 10년 이내	6			
5.누수 및 파손 기록(지난5년 간동일연장 관로내)	- 4회/5년 이상	2	14.Cathode Protection	- 있음	0
	- 3회/5년	4		- 없음	5
	- 2회/5년	7			
	- 1회/5년	10			
	- 무누수,무파손/5년	14			
6.토지저항율 (Ω .cm)	- 700 이하	0	15. Joint	- 내부방식도장처리 없음	0
	- 700-1000	1		- 내부용접후 방식도장	10
	- 1000-1500	2			
	- 1500-2500	3			
7. pH	- 2500이상	4	16.Valve,분기, 연결관	- 많음	0
	4이하	0		- 보통	3
	- 4-6	1		- 적음	5
	- 6-8.5	2			
8.Redox전위 (mV)	- 8.5 이상	1	17.접속관 및 부속관	- 이질금속 및 이질재료의 접속 있음	0
	- 0이하	0		- 이질금속 및 이질재료의 접속 없음	5
	- 0-+100	1			
9.황화물 및 염화물	- +100이상	2			
	- 황산이온500mg/kg or 염소이온250mg/kg이상	0			
	- 황산이온500mg/kg or 염소이온250mg/kg이상	1			
	- 황산이온500mg/kg or 염소이온250mg/kg이상	2			

선진 외국에서는 GIS를 도입하여 산업기반 시설물을 데이터베이스화하고 관리체계를 개발하여 체계적으로 계획하고 관리하고 있으며 대형사고를 사전에 예방하고 사고가 일어난 경우에도 GIS를 활용하여 보다 신속하게 대처함으로써 피해를 최소화하고 있는 실정을 감안할 때 GIS도입이 이러한 산업기반 시설물에 대한 체계적 관리를 가능하게 하는 방안으로서 적극 검토되어야 할 것이다. 여기서는 1997년 거제공업용수도 시설을 대상으로 실시한 GIS 사업의 추진과정을 중심으로 알아 보고, 향후 운영방안을 살펴보고자 한다.

14.6.1 항공사진 촬영 및 지형 DB 구축

항공사진에 의한 지형도 작성 방법은 항공사진 한쌍의 입체 모델로부터 3차원 좌표값(X,Y,Z)을 얻을 수 있으며, 따라서 위치정보에 대한 정확한 자료를 얻을 수 있다. GIS 사업에 있어서 실제로 항공사진 측량에 의한 방법이 많이 사용되고 있으며 이 경우 지도제작을 하지 않고 직접 항공사진으로부터 얻은 수치자료를 직접 데이터베이스에 입력할 수 있기 때문에 많은 비용절감의 이점이 있다. 항공사진 촬영의 계획은 사전에 면밀한 준비가 이루어져야 한다. 소요 목적에 따라 공기, 정도 및 작업 규정 등을 명확히 하고 상세하게 계획한다. 이에 필요한 지형도의 축척, 사용목적, 사용시기 등을 감안하여 촬영으로부터 지형도 제작 과정을 면밀히 검토해야 한다. 계획 준비 단계에서 결정하여야 할 가장 중요한 사항은 지형도의 축척 및 등고선 간격이다. 지형도의 축척은 넓은 범위의 정보를 얻기 위해서는 가능한 소축척으로, 세부지형의 상세한 정보를 위해서는 가능한 대축척으로 함이 바람직하다. 거제 정보시스템의 구축을 위해서는 수도정보관리를 위한 시설물 관리 등을 위한 정확한 1/1000 항공 지형도를 제작하기 위하여 촬영 축척은 1/5000으로 하였으며, 도화기는 1급 해석도화기가 사용되었다. 또한 이에 필요한 최대한의 기준점 측량과 현지조사가 실시되었다.

14.6.2 시설물 조사 및 DB 구축

도시의 공급체계를 이루는 시설물은 지상 및 지하에 설치되어 있으며, 도시가 복잡해짐에 따라 지하에 설치되는 비중이 높아지고 있다. 특히 지상에 설치되었던 전

기 및 통신 시설물에 대해서도 도시 미관, 유지보수의 용이성 및 전압의 증가에 따른 위험방지 등의 이유로 지하에 매설되는 경향이 높아졌다.

지하시설물의 관리를 위해서는 지하시설물 측량에 의해 도면을 작성하여 이에 대한 정보체계를 확립하는 것이 필요하나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 거제 수도정보시스템 구축을 위하여 타기관 및 지자체의 지상, 지하시설물과 수자원공사 광역상수도 시설물에 대하여 직접 탐사장비들을 활용하여 시설물 조사를 실시하였다.

현지조사라 함은 정위치 편집을 하기 위하여 항공사진을 기초로 도면상에 나타내어야 할 지형지물과 이에 관련되는 사항을 현지에서 조사하는 것을 말하며 현지조사 작업은 디지털 데이터를 도형으로 출력한 도화 출력원도와 2배 확대사진을 이용하여 정확하게 표기된다. 항공사진에는 촬영당시에 거의 대부분의 지형지물 및 환경에 대한 정보가 수록되어 있으나 좀 더 상세한 사항이 필요하거나, 사진만으로는 알 수 없는 대상물의 명칭, 행정경계, 지명등의 확인을 위해서 현지조사와 현지보측을 실시하여 보완한다. 현지조사에서는 촬영된 항공사진과 현지상태를 대조해가며 도화작업시 착오로 묘사된 지형지물에 대한 확인과 개략도 작성, 도화가 필요치 않는 대상의 표시, 기타 지형도의 주기 사항들에 대하여 조사한다.

14.6.3 자료입력 및 편집

지표면에 존재하는 모든 사상을 지도에 빠짐없이 표현한다는 것은 불가능한 일이다. 그러므로 수도정보시스템 구축 시에는 수도시설을 중심으로 필요한 사항에 대해서만 축척화하여 약속된 기호와 문자로서 기록된다. 지형도는 해석 도화기를 이용하여 작성되고, 기타 기존자료(지적도, 도로망도 등)와 지상, 지하시설물(상수, 하수, 기타) 및 항공보완자료는 디지털이저를 이용 수치화하여 GIS에 활용되도록 입력 및 편집된다. 디지털이저 및 해석도화에 의하여 입력된 자료를 GIS에 활용하기 위해서는 정위치 편집이 필요하며 정위치 편집이라 함은 현지조사 및 항공보완측량과 기존자료입력, 지하시설물 조사에서 얻어진 성과 및 자료를 이용하여 도화성과 또는 기타데이터 입력성과를 수정, 보완하는 작업을 말한다.

고도정보화 사회의 진전과 함께 종래부터 지도를 이용하고 있던 각종업무에 기존 종이형태의 지도를 수치화하고 가장 최신의 정밀하고 정확한 지도를 제작하여 신속

하게 이용하므로써 업무의 효율화, 적정화를 이루려는 요구가 급속하게 증가하고 있다. 이러한 수치지도는 AM/FM/GIS분야에서 단순한 조회 이외에 관련정보에 대한 검색/분석을 하는데 특정 Format으로 변환 처리하여 이용하기도 한다. 따라서, 수치화한 지도를 정보관리의 근간으로 하는 시스템 구축에서는 사용자 요구를 충분히 만족시키는 산출물을 취득, 사용하기 위해서 기초 데이터에 대한 획득작업 및 기초 데이터의 취득에 대한 방법이 매우 중요한 요소로 작용하고 있다. 지도를 이용하여 자료변환을 하는 과정은 사용하는 장비에 따라 다르고 제작된 데이터의 내용도 차이가 있으므로, 일반적으로 지도의 상태 및 추출내용에 따라 사용장비를 정하고 있으며 초기 이용지도를 수치지도로 제작하느냐 또는 기 제작된 지도를 이용하여 제작하느냐에 따라 정확도 및 정밀도에 영향을 미칠 수 있으므로 가격대비 활용도의 측면에서 심각하게 고려되어야 한다.

수치지도는 기존도면 데이터와 시설물조사 자료들을 점(Point), 선분(Arc), 면(Polygon)이 어떤가를 컴퓨터에 인식시키기 위해 시설물 등의 중요한 도형을 벡터데이터로 이용한다. 지하시설물 및 기존도면(지적도, 도로망도)으로 부터 벡터데이터화 하는 방법에는 Digitizing, 스캐너, 대화형(반자동)입력 방법등을 이용하여 입력하는 세 가지 방법이 있으며 거제 수도정보시스템 구축 시에는 디지털이저에 의하여 입력되었다.

일반적으로 디지털이저를 이용하는 경우는 시스템의 처리속도가 많은 영향을 받지 않으며 지도의 상태에도 별로 영향을 받지 않는다. 그러나 지도의 제작시기에 따라 정확도가 정해지며 우리 나라의 지도제작 실정을 고려할 때 도심지가 포함된 지역 및 많은 개발이 이루어진 지역 등에는 적용하기 곤란한 단점이 있다. 또한 지도 제작 시 식별의 편의를 위하여 왜곡이나 간단한 방법으로 지도에 변형을 가하는 경우 생성된 데이터의 정밀도에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 원래 위치의 정밀도를 유지하려면 보완측량등의 방법을 병행해야 하는 단점이 있으나 보완의 정도가 적은 지역 또는 이용도가 적은 지형의 경우에 매우 유용하게 활용할 수 있다. 디지털이저는 테이블에(A₀, A₁, A₂, A₃ size 등) 지도를 부착하고 지도의 기준좌표를 설정한 후 지도상에 지형지물에 대한 좌표값을 Cross Cursor를 움직여 데이터를 취득하는 방법으로 도형의 한점 한점의 좌표값을 벡터 데이터로 취득한다. 특히 디지털이저에 의한 입력에는 시간을 요하지만 작업자가 그 내용을 판단하기에 다소 넓은 도면도 입력이

가능하다.

14.6.4 수도시설 신설공사시 GIS 구축

수도종합관리시스템을 최신의 자료로 유지 관리하기 위해서는 현재 수행하고 있는 수도종합관리시스템 개발 사업에 의한 GIS DB 구축과 함께 향후 수자원공사에서 신설 또는 확장하는 수도시설 자료를 시설공사 준공과 함께 GIS DB로 입력되어야 한다. 이를 위해서는 현재 수도공사시 제작하는 관련도면(지형도, 지적도등) 및 자료(시설관련 제원)를 GIS DB로 입력하는데 적합한 형태로 작성하여야만 수도종합관리시스템의 데이터로 변환되어 중복 투자되지 않고 GIS DB의 현실성을 유지할 수 있다.

CAD 시스템은 공학과 설계분야에 설계도와 상세도를 그리기 위해 수학 모델을 이용하여 그래픽을 효율적으로 표현하고 처리하도록 발전하여 도면내 있는 한정된 요소에 관한 속성자료만을 DB로 저장, 관리하여 관련자료를 입력, 검색, 분석, 저장, 출력하는 기능을 가지고 의사결정 과정을 지원하도록 구성되어 있다. 따라서, GIS 자료는 도형자료의 절대좌표 및 상호관계(연결성,인접성등)가 엄격하게 유지되도록 입력해야 하는 반면에 CAD 자료는 그래픽적으로 관련 요소들의 상호 위치관계만 유지하면서 입력해야 한다. 아래 (표 14.10)에 상수도시설 신설시 GIS DB 구축을 위한 업무단계를 소개하였다.

표 14.10 상수도시설 신설시 GIS 구축을 위한 업무 단계

업무단계	관련회사	작성자료	
		도형자료	자료형태
실시설계	설계업체	지형도 : 측량성과 및 수도시설 포함	CAD file
		지적도 : 수도부지	
		제원자료 : 각종 수도시설 제원	Text file
시 공	시공업체	지형도 : 공사시 확인된 타기관 매설물 포함	CAD file
GIS 입력	GIS 전문업체	GIS 구축 : 지형도,지적도, 제원자료	GIS DB
GIS 운영	수자원공사	수도시설 및 각종제원Update	GIS DB

14.6.5 GIS의 이용 효율증대를 위한 GPS 측지기술 도입

가. GPS(Global Positioning System)의 개요

GPS(범지구측위시스템)란 미국의 항법용 위성인 NAVASTAR GPS 위성이 발신하는 전파를 이용하여, 공간상의 3차원 위치(위도, 경도, 고도)를 구할 수 있는 새로운 측지기술이다. 이 시스템은 매우 높은 고도에서 지구를 도는 24개의 위성으로 구성되어 있으며 이 위성의 고도는 지상시스템에 유발될 수 있는 문제점을 피하기 위해 설계되었고, 지구상의 어느 장소에서나 24시간 위치를 정밀하게 측정할 수 있게 되어 있다. 실제 사용에서 평균적인 가로폭보다 정밀한 관측을 할 수 있게 되었고, 측량을 위해 사용하는 디퍼런셜 모드에서는 1cm 이하의 정확도를 얻을 수 있다. 그리고 GPS는 처음부터 방위시스템이었으므로 재밍(Jamming)과 간섭에 영향을 받지 않도록 설계되어 있다.

그러나 가장 주목받는 것은 이 시스템의 잠재력이다. 오늘날의 집약된 회로기술로 GPS 수신기는 매우 빠르게 소형화되고 있으며, 모든 사람들이 소유할 수 있을 정도로 가격도 하락되고 있다. 즉, 모든 사람들이 자신의 위치를 알아낼 능력을 갖게 된 것이다. 이 새로운 서비스는 전화와 같이 인간에게 기본적인 것이 될 것이며, 응용범위는 거의 무제한이다. 그 몇 가지 예를 들면, 어떤 목표지점도 즉시 나타낼 수 있는 전자지도의 차량 탑재가 가능해 집에 따라 배달차량이 목표지점을 정확히 찾을 수 있고, 긴급차량이 더욱 신속해진다. 또한 이 시스템은 3차원 관측을 하므로, 항공기에서도 사용 가능하다.

실제로 많은 사람들이 완벽한 항공기 충돌방지 시스템의 설계에 있어서 GPS가 최적이라고 생각한다.

GPS는 지구표면의 모든 지점이 유일한 주소를 갖는 것을 가능하게 한다. 전화번호 호부가 더 이상 종이책이 아닌 컴퓨터 데이터베이스인 미래가 가능하다. 이 데이터베이스에는 전화번호와 주소의 목록만 있는 것이 아니라, 정확한 GPS 위치도 갖고 있다. 따라서 사람들이 어떤 필요장소를 찾고자 할 때 컴퓨터가 데이터베이스를 검색하고, 현재의 위치에서 가장 가까운 곳에 있는 필요 장소를 찾아서 바로 그곳으로 안내해 준다. 이러한 새로운 용도를 위해서 위치와 거리에 대한 새로운 국제표준이

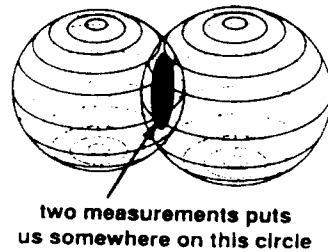
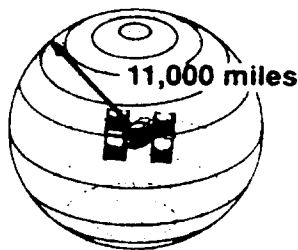
생성될 것이고, 각 나라는 더욱 효율적으로 자원을 관리할 수 있게 될 것이다.

나. GPS의 작동원리

비록 GPS시스템 그 자체는 지금까지 개발된 최고의 하이테크 장비를 사용하지만, 기본적인 원리는 매우 단순하다. GPS의 개념의 이해를 위하여 5단계의 기본 개념을 소개하기로 한다.

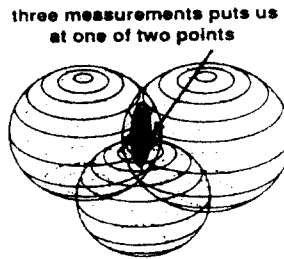
○ 기본개념-위성거리측정

GPS는 위성과 수신기간의 거리측정에 기초하고 있다. 즉, 위성으로부터의 거리를 관측하므로써 지구상의 위치를 결정하게 된다. 이 때 위성은 정확한 기준점으로 작용하게 된다. 어떻게 위성으로 부터 거리를 측정하고, 움직이는 위성이 정확히 어디에 있는지를 알 수 있는 방법에 대하여는 다음에 설명하고, 일단 이것이 가능하다고 가정한다. 우리가 현재 어디에 있는 지를 몰라서 위치를 알아내야 한다고 가정하자. 위성 A로부터 현지점까지의 거리가 11,000이라는 것을 알고 있다면, 전세계에서 우리가 존재할 수 있는 장소의 범위는 매우 좁아지게 된다. 즉, 위성 A를 중심으로 하고 반경이 11,000마일인 가상 구면상의 어딘가에 존재하게 된다.



이제 다른 위성 B로부터 거리가 12,000마일 이라는 것을 동시에 알고 있다면, 우리가 존재할 수 있는 장소의 범위는 더욱 좁아지게 된다. 전 세계에서 우리가 있을 수 있는 곳은 위성 A로부터 반경이 11,000마일인 구면과 위성 B로부터 반경이

12,000마일인 구면이 만나서 생기는 원상의 어딘가이다.



그러므로, 세 번째 위성으로부터 관측하면 우리의 위치를 결정할 수 있다. 위성 C로부터의 거리가 13,000마일 이라는 것을 알고 있다면, 실제로 우리가 존재할 수 있는 곳은 두 지점밖에 없다. 이 두지점은 중심이 위성 C이고 반경이 13,000마일인 구면이 앞에서 생성된 원과 만나는 점이다.

즉, 위성으로부터의 거리를 측정하므로써 공간상에서 우리가 존재할 수 있는 위치를 단 두지점으로 좁히게 된다. 어떻게 이 두 지점 중의 하나를 우리의 위치로 결정할까? 또 다른 위성으로부터의 거리를 측정할 수도 있지만, 보통 두 지점 중의 하나는 의미없는 답이 된다. 잘못된 지점은 지구에 가깝지 않거나, 불가능한 속도를 나타낼 수도 있다. GPS 수신기에 있는 컴퓨터는 두 지점 중의 하나를 가려낼 수 있는 다양한 기법을 가지고 있다.

한편, 항해자들처럼 자신이 있는 지점의 높이를 알고 있다면, 위성으로부터의 거리측정중 하나를 생략할 수 있다. 우리가 그랬던 구면중의 하나를 지구중심을 구면의 중심으로 하고 지구중심으로부터의 거리를 반경으로 하는 구면으로 대체할 수 있다. 아무튼 절대적인 기법을 원한다면 4개의 위성이 필요하지만, 실제적으로 의미 없는 답을 버린다면 3개의 위성만으로도 위치선정은 가능하다.

즉, GPS의 기본원리는 위성을 기준으로 이용하여 삼각측량을 하는 것이다. 이 시스템의 다른 모든 부분은 이러한 거리측정을 수행하기 위해 설계되는 기술적인 세부사항일 뿐이다.

○ 위성으로 부터의 거리측정

GPS가 공간상에서 위성까지의 거리를 아는 것에 기초하고 있으므로, 위성으로부터 얼마나 떨어져 있는 지를 알아낼 방법이 필요하다. 이러한 거리측정의 기본공식은 속도×시간이다. GPS 시스템은 라디오 신호가 위성으로부터 수신기까지 도달하는데 걸리는 시간을 측정하고, 이 시간을 거리로 환산하므로써 작동된다. 라디오파의 속도는 광속이므로, GPS 위성이 라디오 메시지를 송신하기 시작한 시각과 이 메시지를 수신한 시각을 정확히 알면, 이 라디오파의 도달시간을 알 수 있다. 그리고 이 시간에 광속을 곱하여 위성까지의 거리를 구한다. 물론, 광속이 매우 빠르므로 시계는 아주 정확해야 한다. 실제로 GPS 위성으로부터 라디오파의 도달시간은 약 6/100초이다. 따라서 GPS는 전자혁명의 산물이다. 매우 정확한 전자시계가 상대적으로 비싸지 않기 때문에, 필요로 하는 시간측정의 정확도를 얻을 수 있다. 많은 사람들이 믿기 어려운 정도로 시간을 정확히 유지하는 수정 손목시계에 익숙할 것이다. GPS는 이보다 더 진보된 시간측정장치를 가지고 있다. 실제로 대부분의 수신기는 나노(0.000000001)초의 정확도로 측정할 수 있다.

도달시간을 측정하기 위해서는 라디오 신호가 위성을 출발한 시각을 알아야 한다. 이를 위해서 GPS 시스템 설계자들은 다음과 같은 생각을 하게 되었다. 동일한 시각에 동일한 코드를 생성할 수 있도록 위성과 수신기를 동기화 한다. 그러면 우리가 해야 할 모든 것은 신호를 수신하고, 언제 이와 동일한 코드를 수신기가 생성했는지를 조사하는 것이다. 이 시각차가 바로 신호의 도달시간이다.

이것을 쉽게 이해하기 위해 일상에서 유추해 보자. 축구장의 양쪽 끝에 각각 1명씩 A와 B가 서 있고, 정확히 동일한 시각에 두명이 10까지 세기를 시작할 방법이 있다고 가정한다. 그리고 10까지 세기 시작한다. A는 자신이 세는 하나 둘 셋 ... 소리를 들을 수 있고, 잠시 후에 B가 세는 하나 둘 셋 ... 소리를 듣기 시작할 것이다. A가 셋까지 세었을 때, B가 말한 하나를 들을 수 있다. 이것은 음성이 축구장을 건너서 전달되는데 걸리는 시간 때문이다. 이 시각의 차이가 음성이 축구장을 가로지르는 시간이고, GPS의 원리도 이와 마찬가지로이다. 위성과 수신기는 매우 복잡한 수치코드를 생성하며, 실제로 난수는 아니지만, 매 1/10초마다 반복되는 의사 난수열이다.

○ 정확한 시각

광속이 매우 빠르기 때문에 위성과 수신기간에 1/100초의 동기오차가 있다고 해도 엄청난 오차를 유발한다. 어떻게 위성과 수신기가 정확히 동일한 시각에 코드를 생성하고 있는지 알 수 있을까? 최소한 한쪽 시계의 동기화 문제는 설명하기 쉽다. 위성은 특정한 원자의 진동을 이용한 매우 정교한 원자시계를 내장하고 있으며 최소한 하나가 작동하는 것을 보장하기 위해 4개의 시계를 탑재하고 있다. 수신기에 원자시계가 아닌 적절한 정확도의 시계를 채용할 수 있으며, 동기화를 위한 해법은 또 다른 위성을 하나 더 관측하는 것이다. 이 여분의 관측으로 수신기의 불완전한 동기화를 보상할 수 있다. 삼각법에 의하면, 오차가 완전히 없는 3개의 관측으로 삼차원 공간에서 위치를 결정할 수 있고, 시각오차가 포함된 수신기로 4개의 관측을 하면 이 오차를 소거할 수 있다. 이해를 돕기 위한 설명은 생략하기로 한다.

○ 위성의 위치

지금까지의 설명에서는 공간상에 있어서 위성의 위치를 알고 있어서 이 위치로부터 삼각측량을 하여 우리의 위치를 계산할 수 있다고 가정했다. 그러면 어떻게 위성의 위치를 알 수 있을까? 고공에 있는 물체는 지구대기의 영향을 거의 받지 않는다. 또한 위성의 위치도 매우 정밀하게 예측할 수 있다. 수 백만년 동안 어떠한 커다란 주기의 변동도 없이 지구를 회전하고 있는 달처럼, GPS 위성의 궤도도 예측 가능하다. GPS의 주계획에 따라서 미공군은 각 위성에 매우 정밀한 궤도를 입력했다. 지상에 있는 수신기의 컴퓨터 메모리에는 천문력(Almanac)이 프로그램 되어 있어서, 주어진 시각에 위성이 어디에 있는지를 계산할 수 있다.

이 수학적 궤도모형은 그 자체로 매우 정밀하지만, 완벽을 기하기 위해서 미국방성에서는 GPS위성을 상시 관찰하고 있다. TV 위성과 같이 정지궤도에 있으면 지구의 자전속도와 위성의 공전속도가 같기 때문에 지상에서 볼 때 위성이 정지해 있는 것처럼 보여서 언제든지 위성의 궤도를 관측할 수 있지만, GPS 위성은 12시간마다 한번씩 지구를 돌기 때문에 관측소들 중 하나의 상공을 하루에 두 번 지나게 된다. 이 때, 미국방성은 위성의 고도, 위치 및 속도를 정밀하게 관찰한다. 그들이 찾고 있

는 변동을 궤도(Ephemeris) 오차라 한다. 이 오차는 보통 매우 작고, 달과 태양의 인력 그리고 태양의 복사압이 위성에 영향을 미쳐 발생한다. 일단 미국방성이 위성의 위치를 관측하면, 다시 그 정보를 위성으로 전송한다. 그러면 위성은 이 미소한 보정량을 시각 정보와 함께 방송한다. 즉, 위성은 시각측정을 위한 의사난수코드 뿐만 아니라, 정밀하게 위성의 위치를 알기 위해서 내부 천문력 정보와 함께 정확한 궤도위치와 시스템의 상태에 대한 메시지도 전송한다.

○ 이온층 및 대기에 의한 지연

GPS와 같이 시스템이 정교해 질수록 완벽히 제거할 수 없는 오차요인이 항상 포함되는데 이러한 오차요인 중 가장 중요한 것이 지구의 이온층에 의한 것이다. 전기를 띠고 있는 전하 입자는 광속에 영향을 미치므로, GPS의 라디오 신호에도 영향을 미친다. 광속이 모든 상수 중에서 가장 안정된 것이라고 생각할 수도 있지만, 실제 광속은 깊은 우주에서 발견할 수 있는 진공상태에서의 상수이다. 그러나 빛 또는 라디오 신호가 전하대와 같이 밀도가 높은 매질을 통과할 때 조금 느려진다. 거리계산에서 광속은 상수로 간주하므로, 이러한 속도저하는 거리를 늘어나게 한다.

이러한 변화를 보정하는 방법이 2가지 있는데, 그중 하나는 평균적인 이온층의 조건하에서 전형적인 속도변화를 예측하여 모든 관측 값에 이 보정량을 더하는 것이다. 이것은 어느정도 도움이 되지만, 이온층의 조건이 매일 평균적이지는 않다. 또 한가지 방법은 서로 다른 두 신호의 상대속도를 관측하는 것이다. 이것은 어려운 물리학의 영역에 들어가지만 기본개념은 다음과 같다. 빛이 이온층을 통과할 때, 주파수의 제공에 반비례하도록 느려진다. 신호의 주파수가 낮으면 낮을수록 더욱 느려진다. 그러므로 서로 다른 주파수를 갖는 두 신호를 비교하면, 얼마나 느려져야 하는지를 추론할 수 있다. 이러한 오차보정은 매우 어렵고 가장 진보된 이중 주파수 수신기에서 발견할 수 있다.

GPS 신호는 이온층을 통과한 후 대기에 들어오게 되는데 대기중의 수증기도 신호에 영향을 미치는데, 이온층에서 발생하는 오차와 크기가 비슷하지만 거의 보정하기가 불가능하다. 다행히도 위치계산에서 이것의 순수한 효과는 평균 가로폭보다 상당히 작다.

14.6.6 GPS를 활용한 신속한 데이터 취득을 통한 GIS 구축

대축적 GIS 데이터의 신속한 취득과 기존 측량의 어려움을 극복하기 위해 GPS, INS(Inertial Navigation System; 관성항법시스템), CCD(Charge Coupled Device) 영상기술 등을 통합한, 일종의 원형(prototype) 시스템인 VISAT(Video, Inertial and Satellite)가 캐나다 대학에서 개발되었다. 이 3개의 요소를 설치한 측량용 차량을 이용하면 현지데이터 취득, 주제(thematic) 데이터 추출, GIS 데이터베이스의 생성 및 검색을 위한 새로운 방법이 제공될 수 있다. VISAT는 30cm의 절대위치 정확도와 영상에 나타난 물체중 카메라로부터 50m 이내에 있는 것에 대해 10cm의 상대위치 정확도를 가질 수 있도록 설계되었으며, 이러한 정확도는 많은 데이터베이스 특히, 고속도로 공간정보 데이터베이스와 우리가 추구하고자 하는 상수도 시설의 데이터베이스의 요구조건을 만족시킨다.

물체의 관측과정은 아래 그림 14.1과 같이 계층적이다. 임의의 순간에 측량용 차량의 위치는 차량의 위쪽에 설치된 GPS 안테나로 결정된다. 또 다른 수신기를 기지점인 기준점에 설치하여 Differential GPS로 고정밀도의 위치를 얻는다. 차량의 내부에 설치된 INS는 삼차원 공간에서 차량의 자세요소를 제공한다.

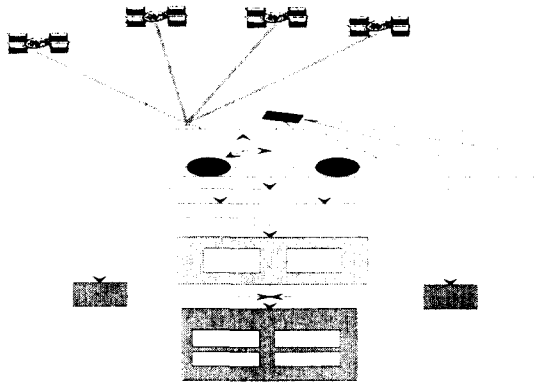


그림 14.1 시스템의 계층적, 기하학적 제어

주기적으로(약 6개월) 조정하거나 필요할 때마다 조정하여, ①GPS 중심에 대한 INS의 중심, ②GPS/INS에 대한 카메라의 중심, ③ 카메라의 내부 및 상호표정 요소를 결정한다. 따라서 GPS와 INS의 데이터를 이용하여 언제든지 카메라의 위치와

자세를 계산할 수 있다. 한 쌍의 카메라의 중첩된 지역에 있는 점의 3차원 위치는 사진측량 원리를 이용하여 결정한다.

한 쌍의 영상에서 서로 대응하는 물체를 관측하므로써 GIS 데이터 요소의 기하학적 속성을 얻는다. GPS와 INS 기술의 통합은 GPS 신호가 차단되는 지역에서 매우 유용하며, INS 데이터는 손실된 위치정보를 보충하여, 언제 취득한 영상이라도 충분한 정확도로 기하학적 표정을 할 수 있다.

GPS와 INS 데이터를 이용하여 노출중심의 위치와 자세를 결정할 수 있으므로, 취득한 영상에 좌표체계를 부여할 수 있다. 그러나 점, 호, 다각형등과 같은 GIS 데이터요소 생성을 위해 물체의 공간좌표가 필요하며, 이를 위해서는 측정할 물체의 영상정보 추출과 수치사진측량기법에 의한 공간상에서의 위치결정이 필요하다. GPS와 INS의 통합시스템은 수치영상을 이용한 좌표계산에 중요한 역할을 하며, 신속하고 정확한 데이터 취득을 통해 GIS 응용분야에 널리 사용될 전망이다.

14.7 심층지하공간을 활용한 광역급수체계 구축

상수도는 국민생활 및 국가경제에 미치는 사회적인 영향이 높은 시설이며, 깨끗한 물에 대한 사회적 요구의 증대로 수압의 안정적 조절 및 서비스 수준 향상 등 상수의 안정적 공급은 필수 불가결한 요소이다. 이를 위해서는 수도관의 노후화와 수요구조의 변화에 의한 지역적인 수압불량, 노후화에 따른 누수, 파열사고 및 적수를 포함한 수질문제 등이 해결되어야 한다. 그리고 생명선 기능의 안정확보 측면에서는 간선간의 연결, 배수의 균등화, 안정화를 위한 배수지정비, 예비기능의 강화 등이 중요한 문제로 대두되고 있다.

그러나 노후된 기존관로의 대부분이 공공 도로밑에 매설되어 있고 이러한 매설공간이 점차 포화상태에 도달하므로써 앞으로 기존간선을 확장하거나 교체하는 일은 용지확보면에서 고비용의 어려운 작업이 될 것으로 생각된다. 더구나 각종시설의 보수공사에 따른 잦은 도로굴착으로 도시 내 교통흐름과 시민생활에 상당한 불편을 초래하므로써 관교체 및 보수의 어려움이 더욱 가중될 것이다.

따라서 수도권과 같은 거대 광역급수권에서 지하공간의 포화로 직경이 2,000~2,800mm에 달하는 대구경 관의 교체부지 확보가 현실적으로 불가능하게 됨에 따라

장래 안정적인 용수공급체계의 구축을 위하여 선진외국 사례연구를 통한 심층 지하 공간을 활용한 광역급수체계 구축방안을 제시하고자 한다.

14.7.1 대심도 수도시설의 정의

대심도 지하는 일반 토지소유자에 의해서 통상적으로 이용되지 않는 심층지하공간이라 정의할 수 있다. 구체적으로는 대도시 지역의 지하에서 지하실과 같은 구조물과 일체로 운영되는 지하공작물의 통상적인 깊이나 건축물의 기초하부가 일반적으로 도달하는 양호한 지반(지지층)보다 아래에 있는 지하공간을 말한다. 그러한 지지층의 분포가 지역에 따라 일정하지 않으므로 대심도 지하심도에 대한 일반적인 정의는 어려우나 대상지역의 지반특성과 이용상황, 기술적 검토결과 등에 따라 보통 40~50m 이하가 될 것으로 생각된다. 대심도 수도시설이란 대심도 지하공간에 설치된 수도시설과 지상과의 연결을 위한 입갱(수직공동, Vertical shaft)등을 말한다.

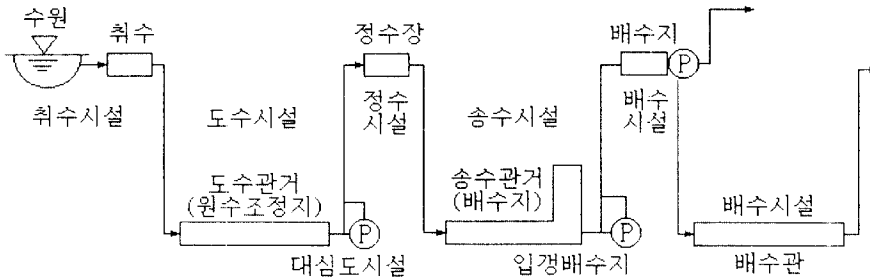


그림 14.2 대심도 수도시설과 기존 천심도 시설과의 관계

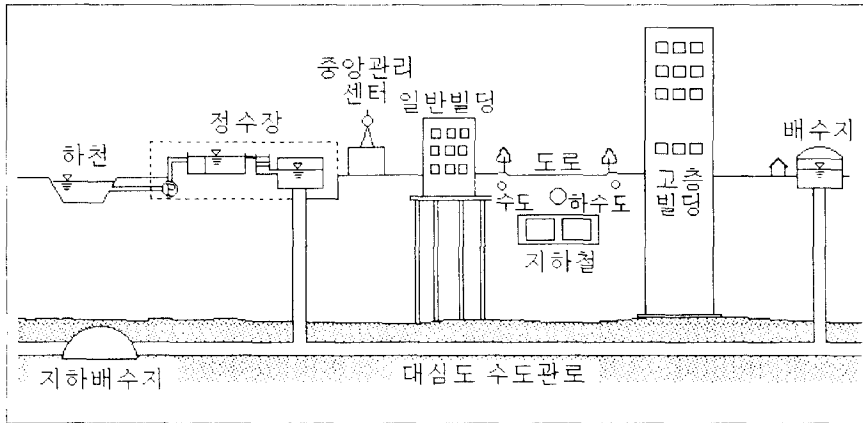


그림 14.3 대심도 터널 모식도

14.7.2 대심도 수도시설의 필요성

가. 생활기반 시설로서의 기능 확보

1996년 현재 우리 나라의 상수도 보급율은 83.6%에 이르러 고보급시대에 접어들어 있다고 해도 과언은 아니다. 그러나 강수량이 계절적으로 단기간에 집중되어 있고 이상기후 현상에 따른 가뭄 등으로 일시적인 물 부족 현상이 종종 초래되므로 국민생활 뿐만 아니라 각종 산업 용수에 대한 안정적인 급수가 어려워지고 있다. 또한 수도가 고보급에 따른 국민생활의 기반을 이루고 있고 앞으로도 그 수요가 점차 증가할 것으로 예상됨에 따라 수돗물의 안정공급과 질적 향상을 요구하는 사회적 바램은 그 어느 때보다 절실한 상황이다. 따라서 재해나 갈수시에도 안정된 급수를 확보할 수 있도록 공급 경로를 복수화하거나 저류기능을 확충하는 등, 상호보완적이고 비상시에도 유연하게 대처할 수 있는 수도시스템을 구축할 필요가 있다.

나. 신규 수요에 대한 대응

앞에서 언급한 바와 같이 수도권 광역상수도 용수 수요량은 6단계 사업이 완료되는 2006년 이후에도 완만하나마 지속적으로 증가할 추세이며 이에 따라 갈수시의 균등급수, 직결급수 확대 등에 대처할 수 있는 수도시설의 확장 증설 및 기능 개조가 필요하며 따라서 공급경

로 설정 및 용량 확보, 유지관리면 등에서 체계적이고 효율적인 수도 공급 시스템의 구축이 요망된다. 대심도 수도시설은 신규 시설용지 확보에 구애받지 않고 심층지하공간에 대구경 주관로를 매설하므로써 미래수요에 대한 대응과 유지관리가 보다 효과적인 장점을 갖고 있다.

다. 노후시설의 갱신과 시설부지 확보의 어려움

1996년 현재 전국의 상수도시설은 94년의 수도역사에 공급규모가 하루 2천 1백만 m^3 에 이르고 있다. 일부시설은 수명이 다하여 관로파열 사고에 따른 물 공급 중단사례가 빈번한 실정이며 따라서 노후화된 지하매설 관로를 과학적 판단에 근거, 적절한 시기에 갱신할 필요가 있다. 그러나 기존 관로가 대부분 공공 도로 밑에 매설되어 있고 이러한 매설공간이 점차 포화상태에 도달할 것으로 예상됨으로써 앞으로 기존 간선을 확장하거나 교체하는 일은 용지확보면에서 고비용의 어려운 작업이 될 것으로 생각된다. 더구나 각종 시설의 보수공사에 따른 잦은 도로 굴착으로 도시내 교통흐름과 시민생활에 상당한 불편을 초래하는 경우도 앞으로 지양해야 될 것이다.

대심도 상수도시설은 일반적으로 이용하지 않는 심층 지하공간을 이용하므로 이의 시공에 따른 신규 용지 확보 문제를 해결할 수 있고 대도시의 기존 천심도 공간에서는 거의 불가능한 대구경화, 대용량화를 달성할 수 있는 이점이 있다.

라. 수질의 확보

먹는 물로서의 신뢰를 얻지 못하고 있는 오늘날의 수도환경에서 일반국민들이 약수터나 생수 등에 의존하고 있는 경우가 많으며 정수기 구입 등에 따른 부담도 점차 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 배경에는 노후화된 관로의 부식이나 원수 수질의 악화, 대형 수질사고 등에 기인한 수도 수질 저하를 들 수 있으며 보다 근본적이고 신뢰성 있는 수질대책으로 국민들의 신뢰를 회복하는 일이 중요하다. 이를 위해서는 수도시설면에서 노후화된 관로를 교체하여 관로부식에 따른 수질악화에 대처하고 악화된 원수 수질에도 안전한 물을 공급할 수 있도록 고도정수처리 등의 도입이 필요하다. 따라서 이에 따른 이용공간의 부족과 용지취득의 어려움을 극

복하고 계획적인 시설정비를 실현하기 위하여 대심도 지하공간을 이용할 필요가 있으며 대구경의 대심도 수도관거는 대용량의 저류가 가능하므로 이를 이용한 수량 및 수질 조정 기능을 활용하여 수질 변동 시에도 유연하게 대처할 수 있다.

14.7.3 대심도 수도시설의 장점

가. 경로 및 설치장소의 자유도가 크다

- 최단경로 선택 : 자유롭게 설치장소를 선택할 수 있으므로 수도관거의 부설시 기본적으로 목적지까지 최단 경로를 선택할 수 있다.
- 자연유하식에 따른 에너지 절감 효과 : 대심도 수도관로는 기존 천심도 시스템과 달리 지형기복에 따른 가압이 불필요하고 또한 대구경 관로내의 마찰손실이 적으므로 약간의 수두차만 확보되면 자연유하에 의한 공급이 가능하다. 따라서 급수 지역에서 필요한 수량만을 양수하여 사용하므로 가압에너지의 절감 효과가 크다.
- 최적입지 선정과 규모확장 가능 : 배수지 등을 지하화하여 최적입지에 부설할 수 있고 또한 기존 시설의 지하공간을 이용함으로써 기존 위치에서의 시설규모 확장도 가능하다.
- 대규모 연결관거의 부설 가능 : 원하는 위치에 대구경 관거를 설치할 수 있으므로 수원간 또는 정수장간 대규모 연락관거와 저류기능을 갖춘 대구경 관거의 부설이 가능하다.

나. 생활 기반시설로서의 기능 향상

대심도 지하의 비교적 양호한 지반위에 시설을 구축함으로써 지진시의 영향을 최소화하여 내진성이 향상된다. 또한 대용량의 저류능력을 확보하므로써 가뭄이나 시설 사고시의 제한급수 및 단수 등에도 효과적으로 대처할 수 있다. 이에 따라 비상시에도 안정적인 물 공급을 실현하여 국민 기반 시설로서의 기능유지 뿐만 아니라 부수적으로 사회적 편익증대 효과도 거둘 수 있다.

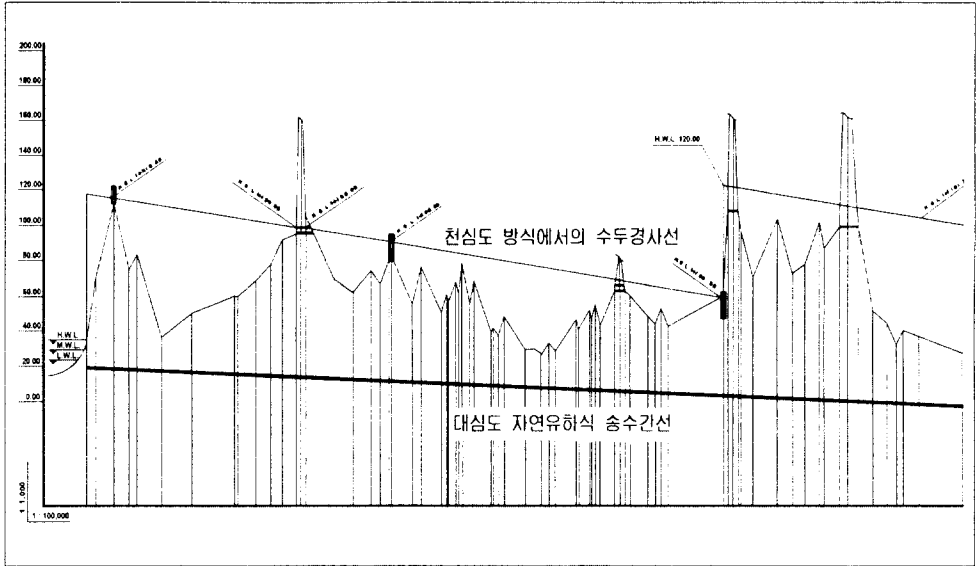


그림 14.4 대심도 송수관과 천심도 송수관의 수두경사

다. 공기의 단축과 교통지체 감소

대심도 지하의 공적이용에 관한 제도를 활용하므로써 용지보상 및 그 교섭에 따른 지체가 없어 필요한 시설정비를 계획적이고 원활하게 실시할 수 있다. 또한 발진 입경을 제외한 대부분의 터널 공사구역에서 지표면에 대한 굴착이 없으므로 공사에 수반되는 교통지체 요인이 적고 특히 천심도 지하에 매설된 구조물에 대하여 별도의 조치 등이 불필요하다.

라. 유지관리의 용이성

대심도 상수도시스템은 대용량의 관로를 구간선으로 하여 다수의 정수장과 배수지, 펌프시설 등의 연결을 비교적 단순화할 수 있다. 따라서 중앙제어집중 형태의 종합적인 수 운영시스템의 구축이 용이하여 용수공급과 유지관리의 효율성이 증대된다.

마. 시설조경 환경개선 효과 및 수도용지의 재개발

펌프나 발전시설과 같이 소음 발생이 불가피한 수도시설을 지하공간으로 이설하므로써

소음방지에 따른 환경개선 효과를 얻을 수 있다. 또한 기존 부지의 상부는 쉼터등 일반인이 쉽게 접근할 수 있고 도시 기능에 부합하도록 활용하는 것도 가능하다. 대도시의 도시중심부에 위치한 기존 정수장, 배수지, 펌프장 등을 대심도 지하로 이설할 경우 기존 시설부지를 합리적으로 재이용할 수 있고 이에 따른 개발이익 환수와 대심도 시설 도입에 따른 비용저감이 가능하다.

14.7.4 대심도 수도시설의 단점

가. 대규모 공사에 따른 건설비용 부담이 크다.

터널 굴착 등 대규모 공사에 따른 초기 투자비용 부담이 크다. 따라서 대심도 수도시설 계획에 따른 재원조달 방안을 적극적으로 강구할 필요가 있으며 단계별 추진 계획의 설정이 바람직하다.

나. 일단 부설된 대심도 관로의 재확장이 지난하다.

규모의 재확장은 경제적으로나 공간활용면에서 바람직하지 않다. 따라서 초기 계획단계에서 시설의 내구성, 유지관리성 등을 충분히 고려하여 미래의 공급수량을 여유 있게 확보할 필요가 있고 이에 따른 시설의 대규모화와 초기 투자비용 증가도 고려해야 한다.

다. 주변환경에 대한 영향을 고려해야 한다.

대심도 수도시설이 심층 지하공간에 시공되는 만큼 공사중 또는 공사 후에도 지반이나 지하수에 영향을 줄 수 있으며 지반침하와 지하수의 수위저하, 수류차단 및 저해, 수질오염 등의 문제를 고려해야 한다. 그 외에 습지, 호소, 삼림 등 지하수원과 밀접히 관련되어 있는 자연환경에 대한 영향도 존재하며 공사중에 대량으로 발생하는 건설잔토의 수송 및 처분문제도 고려해야 한다.

14.7.5 대심도 수도시설의 구상

대심도 상수도시설로서 물 수송 관거 외에 원수조정지, 송수조정지, 배수지 등의 저수시설과 정수시설을 생각할 수 있다 (표 14.11 참조)

계획 경로 설정은 최단경로로 설정하는 것이 바람직하다. 그러나, 지하 장애물과 지하수 등의 환경영향이 존재하는 경우 공사용 또는 연결용 중간 입갱의 용지취득 조건에 따라 최단경로의 선택이 불가능해질 수 있으므로 이에 유의할 필요가 있다.

- 관종은 보통 도수관과 송수관, 배수관의 관종으로 닥타일주철관, 강관, 경질 염화비닐관 등이 있으나 육상 수송조건이나 제조 여건 등을 감안하면 3,000mm 이상의 관종으로 강관이 고려된다. 대심도 수도관거의 구경과 단면 형상은 관거의 기능에 따라 결정된다. 특히 대심도 수도간선의 단면은 관거의 기능, 즉 물 수송기능과 저류기능, 유지관리 등의 지원기능에 따라 단일단면 또는 복수단면으로 계획되며 단면의 형상에 따라 관거 구경도 달라질 수 있다
- 지형의 기복이 큰 경우에도 관로의 시공가능 범위 내에 있다면 구배를 가진 종단계획이 경제적이다.
- 대심도 송수간선과 기존 정수장, 배수지 등을 연결하는 장소에는 시설용 입갱이 필요하며 이 입갱은 공사용 입갱으로도 이용하게 된다.

송수방식 검토에 있어서 일반적으로 대심도 송수간선을 이용한 송수시스템에서 입갱과 배수지의 연결지점에 의한 수위 계획으로 다음의 두 가지를 고려할 수 있다. (그림 14.5)와 같이 정수장의 수위가 낮아 자연유하 배수가 불가능하므로 양수펌프 설비가 필요한 경우와 (그림 14.6)과 같이 정수장의 수위가 높아 자연유하 배수가 가능하므로 상황에 따라 수압을 감압할 필요가 있는 경우를 고려할 수 있다.

표 14.11 대심도 수도시설과 기능

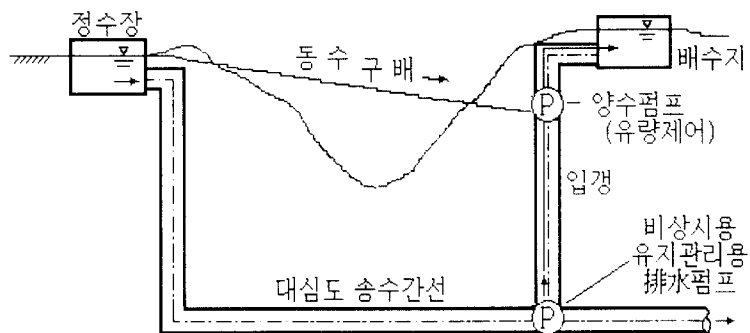
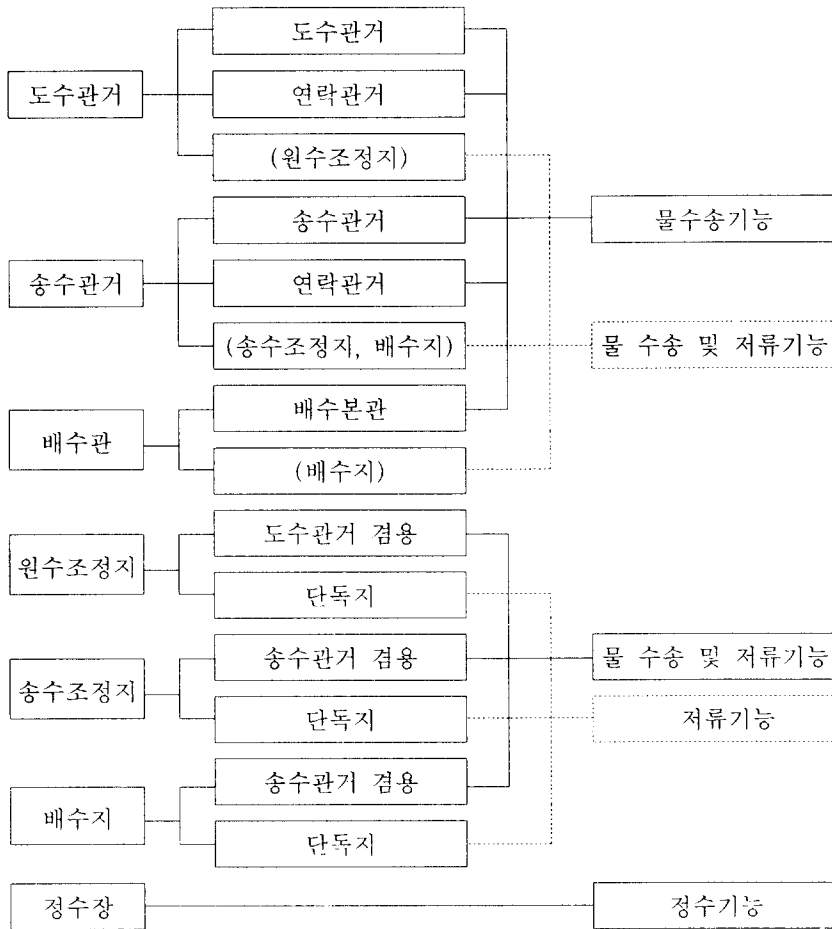


그림 14.5 송수압력 제어 방식

복수의 정수장이 대심도 송수간선망에 연결되어 정수를 공급하는 경우 각 정수장의 수위는 각각의 송수량과 관망의 압력손실에 따라 결정된다. 각 정수장의 위치 에너지를 효율적으로 이용하기 위해서는 다음을 고려한다.

- 위치적으로 낮은 정수장은 기존 천심도의 송수관로를 이용하여 공급하고 위치적으로 높은 곳은 대심도화한 다른 정수장 계통을 운용한다.
- 위치적으로 동일한 정수장은 다점주입 방식으로 대심도 간선망과 일체화하여 운용하는 한편 수위가 다른 정수장은 단점주입 방식으로 하는 것도 가능하다.

14.7.6 입갱(수직공동) 계획

가. 입갱의 종류

- 시설용 입갱 : 대심도 수도관로의 거점인 정수장과 배수지 등을 연결하기 위해 반드시 입갱이 필요하며 이는 공사용 입갱으로도 이용된다.
- 공사용 중간 입갱 : 시설용 입갱간의 거리가 길고 터널 시공상 중간에 공사용 입갱을 설치해야 하는 경우가 있다. 이 공사용 입갱은 유지관리용으로 이용할 수도 있고 지진 등에 따른 시설 사고 시에 거점 급수 기지로서의 역할을 할 수도 있다.
- 접속 입갱 : 대심도 수도관거의 교차지점에 설치하는 입갱으로서 유지관리용 입갱, 시설용 입갱으로의 이용도 가능하다.
- 유지관리용 입갱 : 대심도 수도관거의 중단구배의 변화점에서는 관로의 배수(排水) 등을 위해 유지관리용 입갱이 필요하며 공사용 중간 입갱과 공용하는 것도 가능하다.

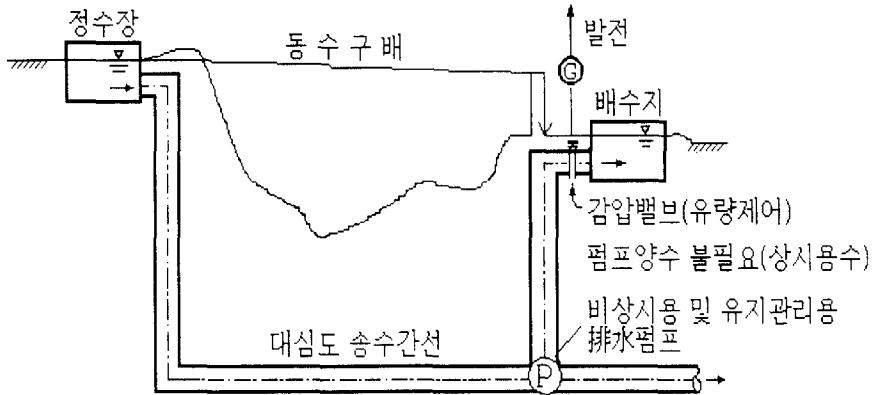


그림 14.6 송수압력 제어 방식(입갱압력 감압)

나. 입갱의 규모 및 구조

- 일반적인 입갱의 구조형식은 중공(中空) 원통형이며 입갱의 깊이는 대심도 시설과 관련하여 50m 이상 확보되어야 한다.
- 계층화하는 경우 최하층에는 대심도 수도관거 등과의 연결을 위해 배관설비, 배수용 펌프 등을 설치하고 최상층에는 전기설비를 배치하는 것이 바람직하다.
- 천심도 수도시설과의 연결을 위해 양수펌프를 설치하는 경우에는 대심도 수도관거의 천수압을 효과적으로 이용할 수 있도록 자연유하에 의한 도달이 가능한 입갱내 수위 지점에 양수펌프를 설치한다.
- 시설용 입갱의 단면 규모는 터널 시공상 필요한 크기와 입갱내 설비에 필요한 크기 중의 하나로 결정된다.

입갱의 개념도를 (그림 14.7)에 나타내었다.

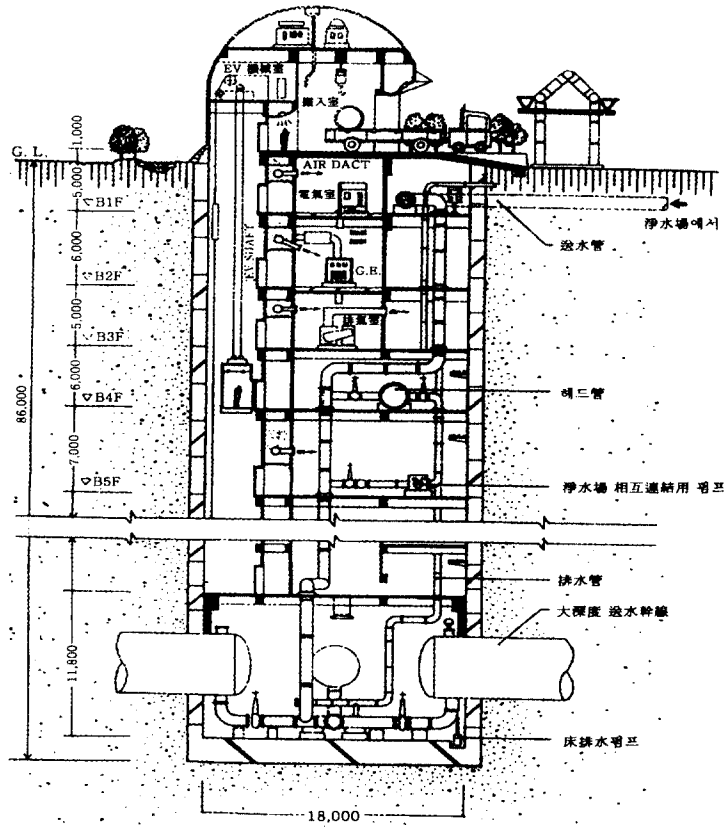


그림 14.7 입장의 개념도

14.7.7 계층형 정수장 계획

대심도 상수도시설로서 정수장을 신·증설하는 경우에는 다음과 같은 사항을 고려해야 하며 특히 지하에 제한된 여건상, 공간을 적게 차지하도록 할 필요가 있다. 따라서 정수장 기능을 지하의 깊이방향으로 배치하는 계층형 정수장의 도입을 검토할 필요가 있다.

- 정수처리의 안정화 및 안전성 확보
- 공간의 절약화 : 시공 조건 및 외력에 대한 구조 조건을 고려할 때 대심도 정수장으로서는 평면적인 넓이를 갖는 것은 바람직하지 않다. 터널을 이용한 정수장을 고려할 경우 선형(線形)의 원통 구조가 이상적이라고 생각되며 내부에 설치되는 정수처리 기능은 가능한 한 공간을 적게 차지하도록 할 필요가 있다.

- 처리흐름의 단순화 : 정수처리 설비가 공간 절약형이라 하더라도 시스템이 복잡한 것은 바람직하지 않다. 따라서 처리 흐름을 가능한 한 단순하게 할 필요가 있으며 이는 유지관리의 간소화와도 상통한다.
- 무인·자동운전화 : 무인·자동운전 방식을 도입하여 안정적인 정수처리를 도모할 필요가 있다.
- 슬러지량의 감량화 : 정수처리 후 발생하는 슬러지는 따로 처리해야 하므로 가급적 슬러지 발생량을 줄일 필요가 있고 슬러지처리 시설을 생략할 수 있는 시스템이 바람직하다.
- 유지관리의 자동화와 간소화 : 유지관리시 기기의 점검·정비 등을 자동화하는 것이 바람직하며 관리작업이 간소화될 수 있는 설비를 도입할 필요가 있다.
- 원수의 낙차에 따른 위치에너지의 효과적 이용 : 지상의 원수가 갖는 위치 에너지를 효과적으로 이용할 수 있는 방식을 도입할 필요가 있다.

가. 계층형 정수장의 개요

계층형 정수장이란 천심도 지하공간과 대심도 지하공간에 걸쳐 정수 기능을 배치한 정수장을 의미한다. 계층형 정수장의 상부공간은 다른 목적으로 이용하기도 하고 전부 지하로 설치하는 방안도 가능하다. 그러나 유지관리의 효율성이나 시스템상 정수장의 수위를 높게 유지할 필요가 있는 경우에는 전지하식이 아닌 반지하식의 계층화 배치도 고려할 수 있다.

나. 정수장의 계층화 배치

계층화 배치시에는 프로세스의 흐름에 포함된 수위계획(수위 에너지의 적정화)과 시설의 특성을 살리는 배치(특히, 지하계층화의 경우 관리시설의 지상접근 용이성과 배수·슬러지처리시설에 의한 정수 저류 시설의 오염방지) 방안을 고려해야 한다. 계층형 정수장의 시설은 (그림 14.8)과 같이 관리시설을 지상에 가장 가깝게 배치하고 이하 정수 프로세스의 흐름에 따라 정수처리시설, 고도처리시설, 정수 저류시설의 순서로 배치한다. 또한 폐수·슬러지처리시설은 정수저류시설에 대한 오염이 발생하지 않도록 하부에 배치한다. 계층 정수장내에서 발생된 슬러지를 직접 처리하는 경우에는 탈수 케이크의 반출이 용이하도록

배출수처리시설을 지상부에 가깝게 배치하는 것이 좋다.

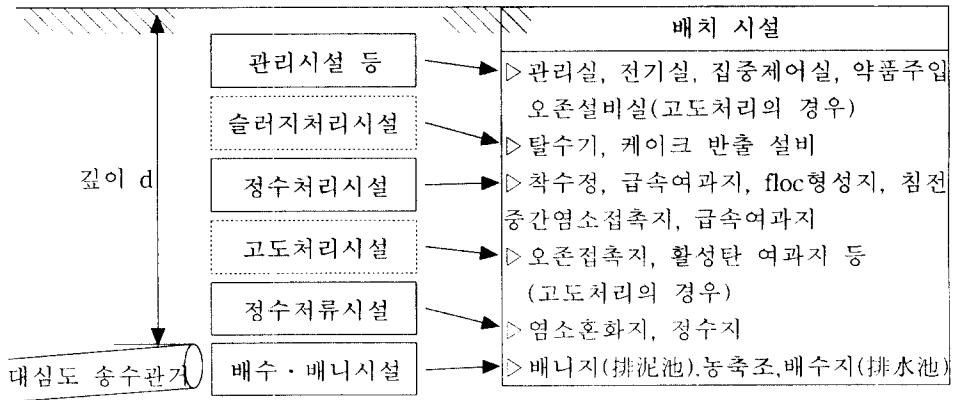


그림 14.8 정수시설의 계층화 및 고도 계획(□ 필요에 따라 설치)

다. 계층 정수장의 고도 계획

대심도 송수간선은 가능한 한 자연유하 방식으로 운용하는 것이 경제적이며 그 종단 계획은 다른 계획에 앞서 설정될 것으로 생각된다. 따라서 계층 정수장의 고도 계획은 접속되는 대심도 송수간선과의 위치 관계를 고려하여 실시할 필요가 있으며 이와 같은 경우 계층 정수장의 정수 저류시설은 (그림 14.8)에 표시한 바와 같이 대심도 송수간선의 접속 심도 d 보다 높은 부분에 배치된다. 또한 복수의 정수장을 갖는 다점 주입 수도시스템에서는 송수 방식의 차이에 따라 각 정수장의 정수 저류시설 높이가 제한을 받게 된다.

라. 계층 정수장의 형상 계획

지의 형상은 구형으로 하는 편이 수처리 시설면에서 불 때 바람직하나 지하식 계층 정수장의 경우는 외부로부터 큰 토압과 지하수압을 받게 되므로 다각형 또는 원형이 구조적으로 이상적이다. 이러한 구조적 관점에서 계층형정수장은 지하식의 이상형인 원형으로 할 필요가 있다. 원형 형상의 경우는 수처리 기능면으로 불 때 수평류식 침전지에서의 유속이 불균일하게 되므로 상향류식을 채용하는 것도 고려할 필요가 있다.

마. 유닛(unit)의 규모 및 유닛의 수

계층형 정수장을 계획하는 데 있어서 대규모 시설을 하나의 유닛으로 하는 경우는 경제면, 시공면, 구조면, 유지관리면 등에서 상당히 불리해질 수 있다. 따라서 가장 적절한 규모의 유닛을 설정한 후에 그 유닛을 조합함으로써 전체규모를 만족시키는 것이 바람직하다. 유닛에 대한 최적 규모를 결정하기에 앞서 여러 규모에 대한 개략 설계안을 비교·검토하는 것이 바람직하며 이와 더불어 유사한 기존 시설의 계획 예를 참고하는 것도 필요하다. 참고로 한 유닛의 규모를 200,000m³/일로 하면 이를 원형으로 계획하는 경우의 직경은 약 60m 정도가 된다.

바. 폐수 및 폐슬러지 처리

계층형 정수장에서 발생하는 여과지등의 폐수는 원칙적으로 착수정으로 반송된다. 폐슬러지는 최심부에 설치된 농축조에서 농축처리한 후 슬러지 처리시설로 운송되며 슬러지 처리시설은 장외에 설치하는 방식과 계층정수장 내에 설치하는 방식을 생각할 수 있다.

사. 계층 정수장내 슬러지 처리시설

계층정수장에서 발생한 폐슬러지를 직접 처리하기 위한 시설로서 탈수장치와 탈수 케이크의 반출시설로 구성된다. 탈수 케이크는 정수장 밖으로 배출되어 최종 처분장까지 수송된다. 따라서 지상부까지의 탈수 케이크 이송 수단을 고려할 필요가 있으며 예로서 엘리베이터 또는 반출입 전용 호퍼(hopper)를 사용하여 지상부로 배출하거나 화물차가 직접 처리 시설내에 출입하면서 반출하는 방법을 생각해 볼 수 있다(그림 14.9 참조).

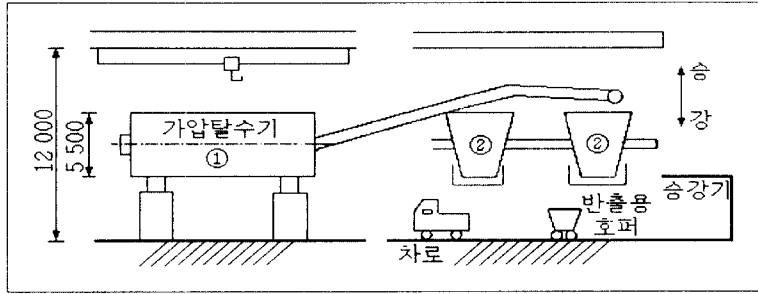


그림 14.9 슬러지 처리시설의 탈수케이크 이송계획

슬러지 처리시설은 케이크의 반출이 용이하도록 지상부 가까이 설치되며 시설 기능상 관리시설 아래의 지하 2층을 고려할 수 있다. 폐슬러지는 최심부의 농축조로부터 지하 2층의 슬러지 저장탱크로 펌프압송되며 탈수 처리후 장외로 반출된다.

그 외에 슬러지 처리 설비를 운용하는데 있어서 슬러지의 악취와 반출입시의 분산 등 열악한 운반 환경에 대한 대책도 강구해야 한다.

14.7.8 수도권 기본노선 계획안

수도권 지역에 대심도 수도간선을 계획함에 있어서는 다음과 같은 조건을 충족시키도록 한다.

- 자연유하 시스템으로 한다.
- 도시의 규모, 형상, 지형, 기존 관로의 상황 및 배수관망의 블록화 등을 고려한다.
- 중요한 지점에 배치된 양수 입갱으로 부터 기존 배수시스템으로 배수한다.
- 각 배수구역은 가능한 한 2개 이상의 양수 입갱으로부터 배수되도록 한다.
- 가능한 한 터널의 어느 한 구간의 운전이 정지되더라도 전체 입갱을 운전할 수 있도록, 모든 방향에서 물을 공급받고 고장구간 터널을 분리할 수 있도록 한다.
- 지상의 용지확보가 곤란한 경우에는 대심도 지하에 배수지나 펌프장 등의 시설을 설치하고 필요한 저류기능을 지하에 확보한다. 기타 취수장과 정수장을 연결하는 도수관로, 원수조정지 등에 대해서도 필요에 따라 대심도 지하에 설치한다.
- 대심도 지하 공간에 설치된 관로나 배수지 등은 지상의 정수장, 배수지, 관로 등과 연결되어 원격 무인조작에 의한 자동제어가 가능하도록 하며 중앙관리 시스템 하에서

유기적이고 일체화된 시설을 구성한다.

상기의 기본 조건을 바탕으로 수도권 지역의 심층지하공간을 활용한 광역급수체계는 다음과 같은 방안으로 제시된다.

- 수도권 광역상수도 1~4단계 급수지역을 대상으로 수도권 지역의 대심도 급수체계를 구축하는 방안으로서, 팔당취수원을 기점으로 하는 원수공급지역에 대하여 대심도 급수체계를 구축하는 방안을 구상한다.
- 수도권 북부지역(의정부 계통)과 수도권 남부지역(평택 계통)은 정수공급지역으로서 현행 급수체계를 유지하여 천심도로 공급한다.
- 서울계통중 광암계통은 팔당취수장과 인접하여 있어 기존 광역상수도망을 이용하는 것이 유리할 것으로 판단되어 서울계통에서 제외한다.
- 노후시설인 수도권 1, 2단계를 중심으로 서울 및 인천지역 용수공급구역에 우선적으로 대심도 급수체계를 구축하고, 차후로 수도권 3~4단계 원수공급 계통인 성남, 과천 및 안산지역에 대하여 대심도 급수체계를 구축하는 방안을 설정한다.
- Ring Type으로 연결하여 비상급수가 가능하도록 구축한다.
- 입궤펌프장의 설치위치는 기존 정수장 시설을 최대한 활용할 수 있도록 선정한다.
- 취수지점은 팔당댐을 취수원으로 하고 낙차를 이용할 수 있는 소수력 발전설비를 구상한다.

위에 제시된 방안으로 구상된 심층지하공간을 활용한 광역급수망도는 아래 그림 14.10과 같다.

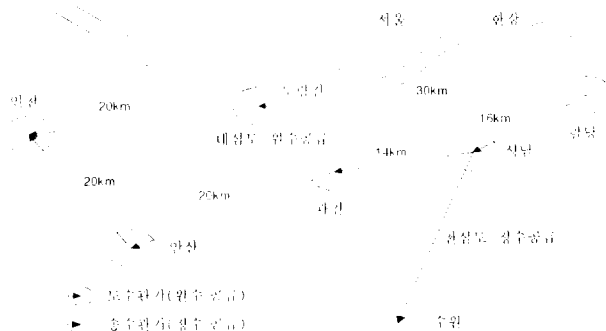


그림 14.10 수도권 대심도 기본노선 제안도

14.7.9 수도권 지역 대심도 수도터널 건설을 위한 향후 연구과제

대심도 수도시설을 구축하기 위해서는 여러 가지 검토되어야될 문제점이 있다. 여기서는 장래 대심도 광역급수체계 구축을 위하여 검토되어야 할 사항에 대하여 언급하기로 한다.

가. 기본계획 수립

- 대심도 관로의 기본경로 확정 : 본 연구에서 선정된 경로를 포함하여 대상지역의 지질 및 지상조건 및 참여 지자체의 여부에 따라 발생할 수 있는 문제점과 대책을 반영한 경로를 확정지어야 할 것이다.
- 대심도 관로의 목표기능의 설정 : 대심도 수도관로는 물의 공급기능에 따라 원수 또는 정수공급을 할 수 있으며, 그 기능에 따라 관의 운영 및 사업전체의 내용이 달라지므로 신중한 결정이 필요할 것이다. 또한, 물의 공급방법도 현재의 팔당댐에서 원수 또는 정수를 공급하는 단점주입시스템과 여러 지역에서 원수 또는 정수를 공급하는 다점주입방법등도 검토되어야 할 것이다.
- 수도시설의 관리주체에 따른 검토 : 대심도 수도관로의 관리주체를 건설비 부담주체에 따라 일원관리체제와 이원관리주체로 나누어 검토할 수 있으며, 이원체제에 근거한 건설 및 운영방안의합리화에 따른 각 지자체간의 역할분담에 대해 검토한다.
- 설계용량 : 선정된 대심도 수도관로의 최종설계용량과 수도관로의 환경결정을 위한 송수 및 저류기능의 포함여부, 비상시 개념의 정립 및 용량결정을 위한 설계용량 검토를 한다.
- 지질 및 토질조사 : 조사지역에 대한 지질 및 토질조사를 실시하여 대심도 수도관로에 적합한 시공방법을 선정하는 방안을 검토한다.

나. 대심도 수도관로 설비의 최적화 연구

- 터널의 직경 및 배수지, 기타설비등의 기본 요소 확정
- 선정된 설비들의 최적설계연구 (터널의 직경, 배수지의 크기등)

- 수리학적인 검토를 위한 연구 (수격작용 방지설비, 공기의 발생과 배제를 포함한 총체적 수리검토)
- 기존 상수시스템과의 연계방안 연구
- 최적 운전을 도모하기 위한 감시 및 제어설비를 포함한 계장설비에 관한 연구
- 환경문제 검토

다. 재원조달 등 기타

대심도 수도관로 사업을 추진할 추진체계의 설정과 공급받게 될 지자체의 참여 및 역할 분담등이 검토되어야 한다. 아울러 비용절감 방안으로서 대심도 시설의 시설구조와 이용형태에 따라 여러 가지를 고려해 볼 수 있으며 터널 및 입갱, 관시공에 따른 공법선정시 이에 대한 연구와 개발여하에 따라 원가절감요인이 클 것으로 생각된다.

수도권과 같은 거대 광역급수권에서 수도관의 노후화와 장래 안정적인 급수체계 구축을 위해서 대심도 수도관로가 반드시 필요한 사업임을 모두가 인식하도록 하며, 또한, 대심도 수도관로의 건설에 소요되는 막대한 재원은 결국 국민의 세금에 의해 충당되므로 사업의 필요성을 인식할 수 있는 대국민홍보와 관련기관 및 단체가 참여하는 공청회 개최 등 적극적인 노력이 필요할 것이다.

14.8 결 론

우리 나라의 강우특성과 지역별 수자원 부존을 감안할 때 지역간, 유역간 수자원의 이동을 전제하는 광역급수체계의 확충이 불가피한 실정에 있다. 광역급수시설의 관리에 있어서 물의 이동체계 정비와 물수송시설인 도·송수관로의 관리가 가장 중요한 업무중의 하나라 여겨진다. 상수관로와 도로나 철도의 경우를 비교하면 도로나 철도의 경우 노선의 기능이 매우 중요하고 설계 시공이 정밀하지 못할 경우 기능상 치명적인 문제가 발생되기 때문에 선행의 설계시공이 매우 정밀한 반면, 수도의 경우 물흐름의 유연성으로 일정조건만 충족되면 기능의 수행이 가능해 설계뿐만 아니라 시공이 정밀하게 이루어지지 않고 있는 실정이고, 또한 대부분 시설이 지하에 매설되어 있어, 관리가 어렵다는 점등 설계, 시공, 관리 전반에 걸쳐 상대적으로 뒤져있는 것이 현실이다. 그러나 상수도가 가지는 기능적 면에서 볼 때 어느 사회간접

시설보다 중요도가 높다. 특히 광역상수도의 물의 수송을 담당하는 대구경 수도관로의 사고 시에는 그 영향지역이 매우 광대하며 심각한 사회적 문제를 야기 시키게 된다. 광역상수도의 기능성을 확보하기 위해서는 지하에 매설된 관로의 상태를 점검하고 불량개소를 사전에 개량, 교체하는 예방관리 체계의 구축이 시급하고 예방관리 체계의 효율적 운영과 의사결정의 합리성을 도모할 수 있는 지원시스템으로 시설현황물 관리자료를 체계적으로 정비 분석하는 통합관리시스템의 구축이 필요할 것이다.

이러한 목적에 의해 노후관평가시스템 개발, GIS를 이용한 수도관리시스템 개발등이 이루어지고 있으나 시스템의 신뢰도를 높이기 위한 지속적인 노력이 필요할 것이다.

또 다른 문제는, 상수도 관로가 대부분이 공공 도로밑에 부설되어 있으며 전용관로 시설을 위한 부지확보가 거의 되어 있지 않음을 지적할 수 있다. 이로 인한 문제점은 장래 관로시설의 내구년수가 도래하였을 경우 대체시설의 설치방안이 없다는데 있다. 도심의 과포화로 인하여 대체 관로시설을 매설할 부지를 확보할 공간이 없으며, 도로의 경우도 상수도관로 시설 외에 전기, 통신, 하수, 가스시설 등의 매설로 인하여 매설공간이 없음을 알 수 있다. 또한 도로에 수도관로의 매설시에는 극심한 교통유발을 초래하여 현실적으로 도로에 수도관을 매설하는 것은 불가능한 실정이다. 이에 대한 대처방안으로 수도권과 같은 도심지역에서는 심층지하공간을 이용한 광역급수체계를 구상할 수 있는데, 선진 외국의 경우에는 이미 이와 같은 도심도 터널을 구축하여 사용중이거나 설치중에 있다. 뉴욕, 런던의 경우는 이미 도심도 시설을 구축하여 운영중에 있고, 일본 동경의 경우에도 도심도 시설을 구상 중에 있다. '97년 한국수자원공사에서 수도권지역의 심층지하공간을 이용한 광역급수체계 구축을 위한 연구를 시작하여 1차 보고서가 완료되었으나 실제로 도심도를 이용한 광역급수체계구축에 대한 입문정도라고 할 수 있으며 앞으로도 이 분야에 대한 연구업무와 타당성조사 등을 지속적으로 시행하여 장기적으로 심층지하공간을 활용한 광역급수체계 구축을 위한 연구개발이 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, (1997. 9), “수도정비 기본계획(수도권 광역상수도 1,2단계 사업)”.
2. 한국수자원공사, (1995. 2), “수도관 개량을 위한 의사결정시스템 개발”.

3. 한국수자원공사, (1996. 4), “수도권1단계 단선구간 복선화사업 기본 및 실시설계“
4. 한국수자원공사, (1996. 12), “수도권광역상수도 6단계 기본계획”.
5. 한국수자원공사, (1996. 12), “수도운영 실무편람”.
6. 한국수자원공사, (1997. 3), “숫자로 본 수자원“.
7. 한국수자원공사, (1997. 5), “수도시설 GIS 구축 지침서”.
8. 한국수자원공사, (1997. 8), “수도권 도심지역 심층지하공간 활용에 의한 광역급수체계 구축방안 연구”.
9. 한국수자원공사 한강사업본부, (1996. 7), “수도권 상수도 시설관리 종합대책 추진계획”.
10. 환경부, (1996. 11), “상수도 통계”.