

대도시 급배수관망의 개선방안에 대한 연구

Improvement of Water Supply and Distribution System in Large Cities

이 경 훈* · 문 병 석** · 오 창 주***

1. 서 론

상수도 시설 중에서 관로시설은 상수를 공급하는 시설로서 수요자가 요구하는 수량과 수질을 유지하는데 직접적인 영향을 미치는 시설로서 최근에 들어서 관리의 합리적인 운영 및 관리체계 개선의 필요성이 인식되고 있는 시설이다.

관로 시스템이 수요자에게 항상 필요한 수량과 수질을 필요한 시간에 가장 간편하게 얻을 수 있게 하기 위하여 갖추어야 할 요건은 크게 수질적으로 안전한 용수를 충분한 수량과 적절한 수압으로 연속적으로 공급할 수 있는 기능을 갖추고 있어야 한다. 이러한 관로의 기능은 크게 수질의 안정성, 수리적 신뢰성과 수량 및 수압의 균등성으로 요약할 수 있다. 그러나, 우리나라 대도시에서는 급배수관망에 대한 충분한 검토가 이루어지지 않은 상태에서 도시가 발전, 확장되고 있는 관계로 상수도시설 및 급배수관망 체계가 전체적인 조화가 이루어지지 못한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 위에서 기술한 관로시스템의 기능이 국내 대도시에서 충분히 발휘되고 있는지를 파악하고, 문제점에 대한 개선방안을 연구하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 연구대상지역

본 논문의 대상 지역으로는 광주광역시를 설정하였다. 광주광역시의 상수도시설은 1920년 제1수원지에서 통수를 시작하여 상수도 시설의 운영을 시작하였다. 1996년 현재 광주시는 7개의 수원과 6개의 정수장 그리고 10개의 배수지를 주요 시설로 운용하고 있으며, 현재 시설용량은 1일 50만톤에 이르고 있다. 상수도 보급율은 91.6% 이며, 광주시의 1일 급수량은 390,000 톤이다. 배수지는 총 용량이 87,700 m^3 이며 1일 급수량에 대비하여 5.9시간 용량분에 해당한다. 현 급수구역은 배수관망이 포용하고 있는

* 전남대학교 토목공학과 부교수

** 서남대학교 토목공학과 선임강사

*** 전남대학교 토목공학과 박사과정

지역으로서 약 2.2 km^2 에 달하고, 광주 시가지의 중앙지역의 표고는 25.0 - 60.0m로 구성되어 있다. 시내 부분의 대부분은 비교적 평탄하여 자연유하식으로 급수하고 있으며, 지산동 유원지등 일부 고지대는 가압장을 통한 직접가압에 의하여 급수하고 있다.

1990년말 송배수 및 급수관의 총 연장은 3,915,200km 이다. 송수관은 85km, 배수관은 1003km이며, 급수관은 2826km에 달하고 있다. Table. 1은 광주시 상수도 시설의 현황을 보여 주고 있다.

Table. 1 The schematic of water supply system for the city of Kwangju

수 원 지	정수장	규모 (천톤/일)	배수지	용량	수 위	
					H.W.L(m)	L.W.L(m)
동북수원지	용연	240	산수배수지	10,000	94.50	89.50
제2수원지			월산1배수지	1,500	80.00	76.00
제4수원지	지원	80	월산2배수지	10,000	96.50	91.50
황룡취수장	각화	20	동운배수지	10,000	86.40	81.40
	남면	30	각화배수지	15,000	90.00	85.00
송정취수장	송정	20	용연정수지	20,000	125.25	120.03
광주호	덕남	220	지원정수지	19,000	87.03	83.03
주암호			송정배수지	5,000	65.00	61.00
			덕남정수지	6,000	124.40	118.90

3. 관망해석의 방법 및 자료

3.1 관망해석의 이론

본논문에서는 절점방정식과함께 에너지방정식을 이용하여 관로시스템내 흐름을 해석하는 기본방정식으로 사용하였는데 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

- 절점방정식 : $(\sum Q_i)_{in} - (\sum Q_i)_{out} = P_i$

- 손실수두 h_L : $h_L = h_{Lp} + h_{Lm} = K_p Q^n + K_m Q^2$

- 폐합관로내 에너지 방정식:

$$\Delta E = \sum(K_p Q^n + K_m Q^2) - \sum(A + BQ + CQ^2)$$

$$\Delta E = \sum(K_p Q^n + K_m Q^2) - \sum Z/Q$$

3.2 관망해석의 절차

주요 송배수관에 대하여 수리계산을 실시하는데 이용된 자료와 해석절차는 다음의 Fig. 1과 같다.

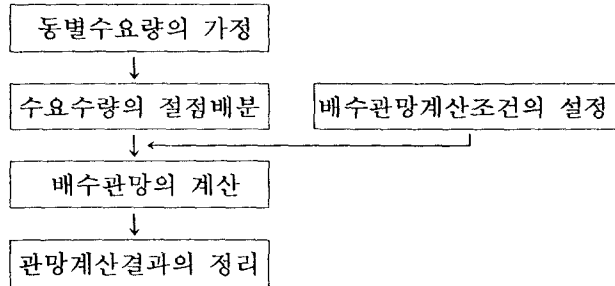


Fig.1 Flow chart used for analyzing the distribution pipe network

3.3 Input 자료

관망 분석에 필요한 자료는 광주시 상수도 사업본부에 보유하고 있는 자료를 사용하였다. 절점의 수요량은 행정구역의 인구수와 급수보급률로 부터 산출하여 주간 최대급수량과 야간 최소급수량으로 구분하고 각각의 경우에 대하여 배수지수위를 최저수위, 최고수위로 달리하여 각각의 흐름의 상태를 계산하였으며, 절점의 지반고는 기존의 측량자료와 TBM 및 등고선으로부터 산출하였다. 각절점의 유출량은 동단위로 산출하였으며, 분석에 사용된 수요량의 산출방법은 상수도 시설기준에 의하여 아래와 같은 식을 사용하였다.

절점수요량(1일평균급수량) = 각 구별 인구수 × 보급률 × 1일 1인당 급수량

$$\text{시간 최대급수량} = \frac{\text{1일 평균급수량}}{24} \times 1.5 \times 1.5$$

$$\text{시간 최소급수량} = \frac{\text{1일 평균급수량}}{24} \times 0.6$$

배수관망 계산을 위한 관망도는 1/5000 축척인 광주시 상수도 송배수관망도를 이용하여 300mm 이상의 관로에 대하여 작성하였다. Fig.2는 광주시 관망도를 보여 주고 있다.

4. 분석 및 고찰

4.1 관망해석 결과

1일 최대 급수시와 최소 급수시의 관망해석을 수행한 결과 각 절점에서의 동수두는 Fig. 3과 같았다.

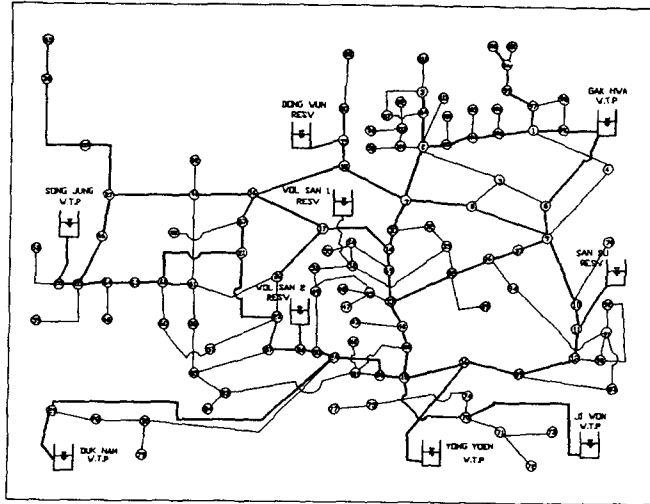


Fig. 2 The pipe network of the city of Kwangju

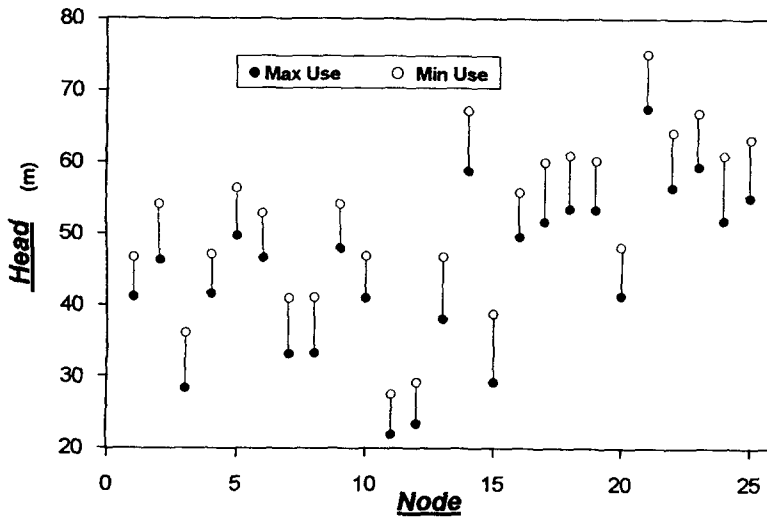


Fig. 3 The water head in the pipe network (N1-N25)

4.2 계산결과에 대한 평가

▣ 시간 최대 급수량의 경우

● 동수압에 대한 검토

분석결과에 의한 수압의 범위는 $0.28 \sim 6.7 \text{ kg/cm}^2$ 정도로서 심한 차이를 보이고있으며, 위에서 기술한 동수압의 평가 조건인 2.0 kg/cm^2 이하의 빈압이 발생하는 지점은 6개절점이 있으나, 부압은 발생하지 않은

것으로 나타나 있다. 이들 빈압이 발생하는 지점들은 주로 고지대와 정수장으로부터 원거리에 있는 관말지역으로서 이 지역의 일부 지역은 불출수가 예상되었다.

● 유속에 대한 검토

광주시 상수도 관망의 분석결과로 나타난 유속의 범위는 0.001 ~ 4.4 m/sec 로서 배수관내의 최대유속을 2.0 m/sec 규정한 평가기준을 초과하는 절점은 5개로서 수리적으로는 대체적으로 안전한 수준을 유지하고 있다고 판단 되었다.

● 동수경사에 대한 검토

계산 결과 위에서 규정한 10%이상의 경사로 나타난 지점은 11개지점지점이나, 주 관로를 따라서 적절한 경사를 이루고 있다고 판단되었다.

■ 시간 최소 급수량일 경우

● 동수압에 대한 검토

야간시 최소 급수량으로 관망을 분석한 결과 결과에 의한 수압의 범위는 2.8~ 7.5 kg/cm^2 정도로서 주간 peak시와 마찬가지로 비교적 심한 차이를 보이고 있다. 이 경우 빈압과 부압발생은 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 급수에 문제가 없는 것으로 판명되었다. 또한 4.0 kg/cm^2 이상의 수압이 발생하는 절점은 약 42%를 차지하고 있으며, 높은 수압은 누수에 많은 영향을 미칠 것으로 추정되었다.

● 유속에 대한 검토

분석결과로 나타난 유속의 범위는 0.001 ~ 5.02 m/sec 로서 배수관내의 최대유속을 2.0 m/sec 초과하는 관로는 5개소이나 대부분 2.0 m/sec 를 크게 상회하지 않으므로 수리적으로는 대체적으로 안전한 수준을 유지하고 있다고 판단 된다.

● 동수경사에 대한 검토

계산 결과 10%이상의 동수경사로 나타난 지점은 9개지점지점으로서 10%보다 크게 상회하지 않으므로 대체적으로 적당한 경사를 이루고 있다고 판단 된다.

5. 결 론

본 논문의 연구대상 지역으로 광주광역시를 대상으로하여 급배수관망을 분석한 결과와 나타난 문제점과 개선방안을 정리하면 다음과 같다.

1. 광주시에서 운용하고 있는 급배수지와 300mm이상의 주요 송배수관을

- 대상으로 하여 1일 최대급수량과 최소급수량으로 구분하여 관망해석을 실시 한 결과 현재 급수불량지역으로 판명된 지점은 고지대 및 배수지의 원거리에 위치한 급수소관에서 발생하는 것으로 판명되었다.
2. 급수소관의 출수불량에 대한 대책으로는 이 지역이 소규모임을 감안하여 총괄적인 대책보다는 그 지점에 소가압장 및 저수조를 설치운영하는 해결책을 모색하는 것이 바람직하다고 사료된다.
 3. 현재 광주시의 누수율은 약 16%로 추정되고 있는데, 이는 대체적으로 허용치 이상의 높은 수압이 야간에 발생하고 있는데 기인한다고 사료된다. 시내 일부 저지대의 관내 높은 수압은 감압밸브나 조정조를 설치하는 등의 대책을 강구해야 할 것이다. 또한 누수의 한 요인이 파악되는 20년 이상이 경과한 관로는 많지 않으나 지속적으로 개량해 나가야 할 것이다.
 4. 주압댐 2단계와 적성댐 계통등의 상수도 공급시설의 증설로 인하여 관망체계가 더욱 복잡해질 양상이므로 근본적으로 급배수관리의 효율화를 기하기 위하여 복합식관망과 직접배수방식을 사용하고 있는 기존 시가지 관망에 대하여 간접배수방식과 블록화로의 전환이 필요하다고 판단되었다.

참 고 문 헌

- 이 경훈, 이삼노, 문병석, “상수도의 1일 급수량의 시간적 변화의 특성에 관한연구” 한국수문학회지, 제27권 제2호 1994, pp.135-143.
- 건설부, “상수도시설기준”, 1992, PP.79-109.
- 현인환, “ 배수관망의 최적설계법에 관한 연구”, 서울대학교 박사학위 논문 1987. pp.3-6.
- 김중훈, “상수도 관망개선의 최적설계”, 수공학연구발표회논문집, 1993년.
- 최계운, “관로시스템내 정상류 해석”, 수자원공사, 1992. pp.22-42.
- 최계운, “관로시스템내 준부정류 해석”, 수공학워크샵, 1995. pp.10-17.
- Tomas M, Walski 외 2인, “Water distribution Systems”, Lewis Publishers, 1990, pp81-87.
- 高桑哲男, “配水管網 の 解析 と 設計”, 森北出版株式會社, 1978. pp128-133.
- 高桑哲男 외 3인, “에너지위법에 의한 관로유출형관망의 해석”, 일본수도협회 잡지 제60권 제3호 (제 678 호)