

# 상수관망의 성능평가를 위한 진단체계 구축

## Performance Evaluation Systems in Water Distribution Network

김주환\*, 김정현\*, 이두진\*, 우형민\*, 배철호\*  
Juhwan Kim, Junghyun Kim, Doojin Lee, Hyungmin Woo, Cheolho Bae

### Abstract

Water transmission and distribution systems play a important role to deliver safe and clean water and are responsible for the most direct impacts of water utilities to customers. Although the performance of WDS(Water Distribution Systems) should be evaluated by a certain standards, interests has not been in WDS and developed due to invisible, hard-working and insufficient information in the evaluation process in Korea till now. The investigations and researches were carried out to develop software to assist the evaluation of WDS with respects to hydraulics, water quality and structural analysis methods. The methodologies have been developed which can be used to estimate the performance to water distribution network and software are implemented by the process. Developed systems are consisted with database, analysis techniques, simulation models, decision support systems and other tools. The concepts and functions are introduced in this paper and the performance index are discussed for accurate assessment of water distribution systems.

*Key words:* Water Distribution Systems, Assessment, Conveyance, Water Quality, Deterioration

### 요 지

상수도는 깨끗하고 안전한 물을 수용가에 공급하기 위한 시설로서 수요량의 증가에 따라 신규 및 확장사업이 계속되고 있으나, 계획의 일관성이 부족한 상태에서 건설된 관로시설은 노후화의 진행에 따라 통수능 저하, 정체구역 발생, 누수 및 관로의 파손으로 인한 급수중단, 지역적·시간적 수압불량 및 수량부족, 녹물을 비롯한 수질의 악화 등 구조적·기능적 문제를 사회 곳곳에서 야기하고 있다. 이러한 상수관로의 송수 및 급배수과정에 대한 정확한 성능평가와 진단을 위하여 우리나라 실정에 적합한 합리적이고 과학적인 평가지표를 개발하고 소프트웨어화 하였다. 이는 관망의 성능평가에 필요한 데이터베이스, 수리학적 적정성, 수질 안전성, 관로시설 노후도 등을 추정할 수 있는 모델군과 측정자료 등을 근거로 의사결정을 지원하는 것으로 구성되었다. 또한 CAD 및 GIS를 기반으로 하여 누구나 손쉽게 관망해석에 필요한 관망도를 작성하고 수량 및 수질예측 시뮬레이션 모델을 통하여 지하 상수관망의 흐름을 예측할 수 있고 노후 수도관 평가 및 잔존수명 추정모델을 포함하고 있다. 이를 활용하여 관망의 성능평가 및 진단을 실시하여 대상관망이 가지고 있는 문제점을 파악하고 이를 근거로 시설의 개량이나 운영의 개선방안을 도출하고자 하였다.

**핵심용어 :** 상수관망, 성능평가, 통수능, 수질, 시설노후도

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [juhwan@kwater.or.kr](mailto:juhwan@kwater.or.kr)  
\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [jhkim@kwater.or.kr](mailto:jhkim@kwater.or.kr)  
\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [djlee@kwater.or.kr](mailto:djlee@kwater.or.kr)  
\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [palose@kwater.or.kr](mailto:palose@kwater.or.kr)  
\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [chbae@kwater.or.kr](mailto:chbae@kwater.or.kr)

# 1. 서론

상수도관망(Water distribution system)의 범위는 정수 처리된 물을 실소비자인 수용가까지 공급하기 위한 시설로서, 정수장 이후의 송수, 배수 및 급수관이 하나의 그물과 같이 서로 유기적으로 연결되어 이루어진 관로의 집합체로 관망기술진단에서의 상수도관망이란 상수도시설기준 상의 송수시설, 배수시설 및 배수관으로부터 분기되어 수용가 계량기에 이르는 급수시설들을 포함한다.

정수장의 경우 수도법에서 매 5년 마다 기술진단을 실시하고 있으나, 그 처리된 물을 실제 소비자인 수용가에 전달을 해주는 상수도관망에 대한 정기적인 기술진단이 실시되지 않고 있으며 실제로 공급과정에서 노후 수도관을 통한 손실, 관체의 부식 등으로 수질문제(녹물, 냄새 등)로 수돗물의 불신을 초래하고 있는 실정이다. 환경부에서는 2007년 6월 수도법을 개정, 수도법 제74조(수도시설에 대한 기술진단 등)와 수도법 시행규칙 제27조(수도시설에 대한 기술진단의 구분)에 의하여 상수도관망의 기술진단을 의무화 하였다. 상수도 관망진단은 수도법 및 정부고시에 부합하는 광역상수도, 공업용수도 및 지방상수도 관망을 대상으로 현재 관망의 수리적, 수질적 및 시설적 성능을 평가하여 향후 성능향상을 위해 필요한 투자사업의 우선순위를 결정하는 것으로 볼 수 있다. 이를 위해서는 관망기술진단 체계의 정립과 표준화를 통해 기초조사에서 개량방안까지 체계적 관망기술진단 프로세스를 구축하여야 하며 수도법에서 정한 의무규정의 충족 및 체계적 시설 개량을 위한 장단기 계획수립에 대한 지원이 이루어 질 수 있도록 하여야 한다.

상수도 관망진단은 현재 상태의 관망시스템을 대상으로 수리적, 수질적 및 시설적 성능을 평가하여 향후 성능향상을 위해 필요한 투자사업의 우선순위를 결정하는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이를 위해서는 관망기술진단 체계의 정립과 표준화를 통해 기초조사에서 개량방안까지 체계적 관망기술진단 프로세스를 구축하여야 하며 수도법에서 정한 의무규정의 충족 및 체계적 시설 개량을 위한 장단기 계획수립에 대한 지원이 이루어 질 수 있도록 하여야 한다. 그림 1에서는 상수도 관망진단을 위하여 준비과정과 예비 진단을 통해 목적, 범위 등을 설정하고 개략진단에서부터 정밀진단에 이르기 까지 3단계 과정으로 구성하였다.



그림 1 관망진단 체계 및 Dr.pipe 구성도

# 2. 관망진단 시스템 Dr.pipe의 개발

상수도 관망진단은 대상관망의 기초자를 토대로 평가지표의 값을 산출하고 산출된 지표 값을 비교하여 그 수준을 평가하는 것으로서 관망도의 관리 수준, 급수구역의 정비를 통한 구역계량 체

계의 구축, 배수지 시설의 운영 및 기준 충족 여부, 관로 관련정보 확보, 가압/감압시설 운영, 펌프, 밸브, 소화전 등 부속설비 유지관리, 누수 및 유수율 관리, 수질관리, 노후관을 포함한 불량관의 파악, 단수와 관련된 기록 정보와 수질, 누수 등 민원사항 등을 참고로 상수도사업자가 유지관리를 목적으로 관련된 시설물의 수리적, 수질적 및 시설적 상태를 평가하는 것이다. 본 연구에서는 이를 위하여 관망의 성능평가시스템인 Dr.pipe를 개발하였으며 그 구성요소 및 기능은 다음 그림과 같다.

Dr.pipe는 상수도 관망의 현재 상태를 종합적으로 진단하기 위한 것으로 진단수준의 결정을 위해 수행되어야 할 일반적인 현황, 관리대장 등의 자료를 활용하여 해결될 수 있으며, 보다 상세한 정밀진단의 경우 구체적인 문제점과 원인을 찾기 어렵기 때문에 관망내 압력, 적정유속 등 평가를 위한 관망해석 모델과 해석모델의 입력자료를 준비를 위한 관망도의 작성, 음용수 수질기준에 의거한 수질진단 모델과 잔류염소 및 소독부산물 예측 모델, 관체의 물리적 진단을 위한 수도관의 노후도 추정모델 및 관체의 잔존수명 예측모델로 구성하였다.

### 3. 적용 및 고찰

Dr.pipe의 적용을 위하여 T지역 광역상수관로에 대상으로 CAD 도면, 설계도면, 관련 실무자와의 회의 등을 통하여 관중, 관경, 관 길이, 매설깊이, 매설년도, 사고이력 등 기초적인 관제원 자료를 확보하여 개략평가와 이 결과를 토대로 정밀평가를 수행하였다. 개략평가 결과, 127개 구간중 일부 계통에서 노후화가 진행되고는 있었으나, 대부분 상태가 양호한 것으로 나타났다. 그림 2과 3는 Dr.pipe 활용 결과를 도시한 것으로 점수평가결과(CC-PDAM)과 수공간점평가(SM-PDAM)를 도시한 것이다.

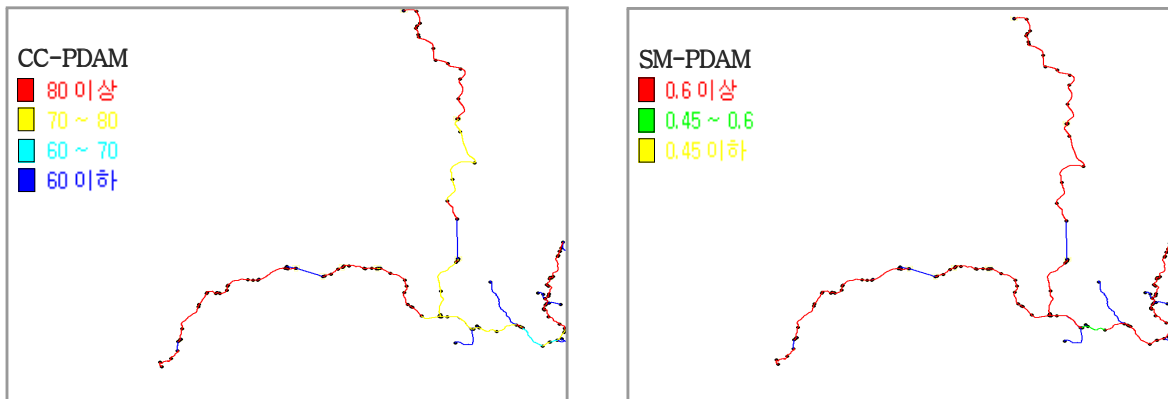
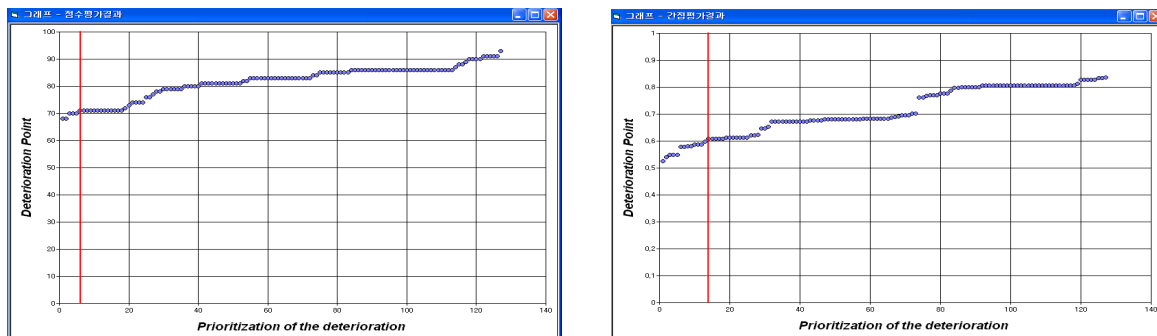


그림 2 Dr.pipe의 시설진단 결과



(a) CC-PDAM (b) SM-PDAM

그림 3 구간별 개량우선순위 결정 결과

수질진단을 위한 수질조사 결과에서는 모든 조사지점에서 수질기준을 만족하고 있으며 계절적으로도 특징적인 변화는 없는 것으로 나타났다. 이중 관로내 주요 관리항목인 잔류염소와 소독부산물(THM)의 관로내 거동을 살펴보면 다음과 같다.

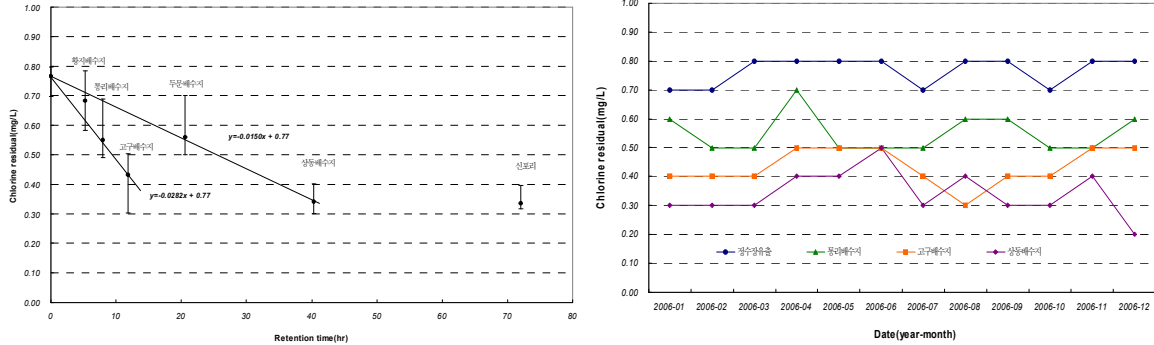
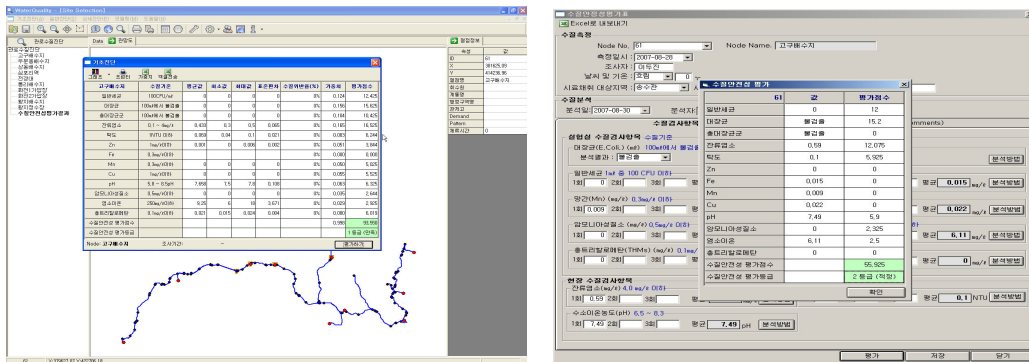


그림 4 관로내 잔류염소 감소경향(06.1~12)



a) 각 지점별 수질안전성 평가 결과

수질안전성평가결과	일반세균	대장균	총대장균군	잔류염소	탁도	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	암모니아성 질소	염소이온	총트리할로메탄	평가점수	등급	순위
	100CFU/ml	100cfu	100cfu	0.1 ~ 4mg/l	1NTU 이하	1mg/l이하	0.3mg/l이하	0.3mg/l이하	1mg/l이하	5.8 ~ 8.5pH	0.5mg/l이하	250mg/l이하	0.1mg/l이하			
고구배수지	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.3 ~ 0.5 0.433	0.04 ~ 0.1 0.076	0 ~ 0.006 0.001	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	7.5 ~ 7.8 7.633	0 ~ 0	7 ~ 18 10	0.015 ~ 0.022 0.02	90,275	1등급 (만족)	1
심포리역	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.3 ~ 0.4 0.337	0.05 ~ 0.14 0.096	0 ~ 0.005 0.001	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	7.5 ~ 7.8 7.656	0 ~ 0	7 ~ 18 11	0.015 ~ 0.02 0.018	90,275	1등급 (만족)	2
상동배수지	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.2 ~ 0.5 0.344	0.04 ~ 0.12 0.084	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	7.5 ~ 7.7 7.567	0 ~ 0	6 ~ 17 10	0.014 ~ 0.021 0.017	90,275	1등급 (만족)	3
경전대	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.5 ~ 0.6 0.557	0.07 ~ 0.1 0.083	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	7.3 ~ 7.5 7.4	0 ~ 0	7 ~ 14 11	0.016 ~ 0.016 0.016	86,250	1등급 (만족)	4
안화전1가압	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.51 ~ 0.8 0.691	0.05 ~ 0.08 0.063	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0.036 0.004	0 ~ 0	7.2 ~ 7.6 7.422	0 ~ 0	4 ~ 14 8	0.02 ~ 0.023 0.022	86,250	1등급 (만족)	5
황지배수지	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.6 ~ 0.8 0.7	0.03 ~ 0.12 0.069	0 ~ 0.003 0	0 ~ 0	0 ~ 0.021 0.002	0 ~ 0	7.2 ~ 7.6 7.422	0 ~ 0	3 ~ 12 8	0.014 ~ 0.025 0.019	86,250	1등급 (만족)	6
안화전2가압	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.5 ~ 0.6 0.533	0.07 ~ 0.1 0.09	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0.036 0.012	0 ~ 0	7.2 ~ 7.5 7.333	0 ~ 0	8 ~ 14 9	0.02 ~ 0.02 0.02	86,250	1등급 (만족)	7
둔문동배수지	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.5 ~ 0.7 0.622	0.06 ~ 0.1 0.077	0 ~ 0.017 0.003	0 ~ 0	0 ~ 0.009 0.001	0 ~ 0	7.3 ~ 7.7 7.511	0 ~ 0	5 ~ 16 9	0.019 ~ 0.022 0.02	86,250	1등급 (만족)	8
톨리배수지	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.5 ~ 0.7 0.556	0.05 ~ 0.11 0.073	0 ~ 0.012 0.002	0 ~ 0	0 ~ 0.011 0.001	0 ~ 0	7.4 ~ 7.7 7.544	0 ~ 0	6 ~ 14 9	0.017 ~ 0.02 0.018	86,250	1등급 (만족)	9
황지정수장	0 ~ 0	0 ~ 0	0 ~ 0	0.7 ~ 0.8 0.767	0.04 ~ 0.08 0.059	0 ~ 0.002 0	0 ~ 0	0 ~ 0.041 0.005	0 ~ 0	7.2 ~ 7.6 7.411	0 ~ 0	3 ~ 10 7	0.013 ~ 0.026 0.019	82,225	1등급 (만족)	10

b) 전체 지점의 수질안전성 평가 결과

그림 5 일반진단에 의한 수질안전성 평가 결과

#### 4. 결론

상수도 관망은 정수시설로부터 최적으로 처리된 물을 정상시 뿐만 아니라 비상시에 도 실 수용가인 소비자에게 안전한 수질로, 안정적인 수량 및 적정한 수압으로 공급하는 것을 목적으로 하는

시설이다. 그러나 상수도 관망은 지하에 매설되어 있어 육안으로 확인하기 어려울 뿐 만 아니라 현재 상태를 파악하기 위해 단수와 굴착을 수반하기 때문에 정보의 취득이 매우 곤란하다. 또한 관로시스템은 관로뿐만 아니라 배수지, 펌프, 밸브 등의 시설과 연결된 유기체로서 진단을 위해서는 관로시스템의 수리적 인자 뿐만 아니라 수질 및 관체의 물리적 특성을 함께 고려하여 판단할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 종합적인 관망의 진단에 필요한 기능을 파악하고 이를 Dr.pipe로 구현하였다. 개발된 관망진단 소프트웨어인 Dr.pipe의 유효성을 평가하기 위하여 실제 현장에 적용하여 그 결과를 도출하였으며 향후 상수도 관망진단을 위한 tool로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 환경부 Eco-STAR Project인 수처리선진화사업단(과제번호:I2WATERTECH 04-3)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부, 한국수자원공사(2007), 상수관망의 최적설계 및 수질관리 기술개발.
2. American Water Works Association(2001), Rehabilitation of Water Main, AWWA Manual M28, 2nd Edition.
3. American Water Works Association Research Foundation(2004), Selection and definition of performance indicators for water and wastewater utilities, AWWA.
4. Deb, A.K., Hasit, Y.J., Schoser, H., Snyder, J.K., Loganathan, G.V. and Khambhammettu, P.(2002), Decision Support System for Distribution System Piping Renewal, American Water Works Association and AWWA Research Foundation.
5. Deb, A.K., Hasit, Y.J. and Grblutz, F.M.(1995), Distribution System Performance Evaluation, American Water Works Association and AWWA Research Foundation.
6. Lambert, A.O., Brown, T.G., Takizawa, M. and Weimer, D.(1999), "A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems", Journal of Water SRT-Aqua, Vol.48, No.6, pp.227~237.
7. Sveinung Saegrov (2005), CARE-W, Computer aided rehabilitation for water works, IWA.