

상수관망의 수리학적 균등성을 이용한 신뢰도 지표의 개발 및 적용 Development and Application of Reliability Index based on Hydraulic Uniformity in Water Distribution Networks

정기문*, 강두선**

Gimoon Jeong, Doosun Kang

요 지

상수관망시스템은 공급원으로부터 수요처까지의 용수공급을 위해 구축된 관수로 기반의 사회 기반시설물로서, 주로 생활 및 산업 용수를 공급하므로 대규모 사회·경제적 피해를 방지하기 위해서는 안정적인 용수공급 능력이 요구된다. 네트워크의 다양한 특성에 의해 표현되는 상수관망시스템의 신뢰도(reliability)는 크게 시스템 내 구성요소의 안정성(mechanical reliability)과 용수공급의 기능적 안정성(hydraulic reliability)으로 구분할 수 있다. 특히, 시스템의 용수공급 안정성에 주목한 수리학적 신뢰도 연구는 많은 연구자들에 의해 지속적으로 수행된 바 있으며, 다양한 평가방법 및 지표들이 제시되어 활용 중에 있다. 기존의 수리학적 신뢰도 지표들은 주로 수요절점(demand node)에서의 공급가능 수량 및 수압을 바탕으로 산정되었다. 그러나, 절점(node)에서의 공급 상태는 결과에 해당하며, 원인 분석을 위해서는 관로(pipe)의 배치 및 규격을 분석해야 하는 번거로움이 존재한다. 이러한 단점을 보완하기 위해, 본 연구에서는 직접 관로(pipe)의 공급 특성을 분석하여 네트워크의 신뢰도를 평가함으로써, 신뢰도 저하의 원인 분석 및 시스템 개선에 효율적으로 활용할 수 있는 신뢰도 지표를 산정하고자 하였다.

본 연구에서는 상수관로 내 수리학적 기울기가 전반적으로 균등할수록 설계 비용대비 공급 신뢰도, 즉 용수공급 효율이 개선되는 특징을 바탕으로, 네트워크 내 총 에너지 손실로부터 각 관로의 길이, 유량 등의 특성을 고려한 등가 수리경사(Equivalent hydraulic gradient)를 유도하여 모든 관로의 적정 수리경사로 제안하였다. 따라서 각 관로의 실제 수리경사를 대상으로 관로별 수리학적 균등성 지수(pipe hydraulic uniformity index)를 산정하였으며, 더 나아가 전체 시스템의 균등성 지수(system hydraulic uniformity index)를 산정하였다. 제안된 신뢰도 지표는 가상의 네트워크에서 지역 내 용수 사용량이 증가하는 등 용수공급 안정성을 저해하는 몇 가지 시나리오를 바탕으로 검증하였으며, 또한 기존 지표들의 신뢰도 평가 결과와 비교, 분석하였다. 본 연구는 향후 네트워크 최적 설계의 목적함수로 활용하거나, 네트워크의 보강계획 수립에 기여할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 상수관망, 수리학적 균등성, 신뢰도 지수, 에너지 정량화

감사의 글

본 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(NRF-2016R1A2B4014273). 이에 감사드립니다.

* 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 · E-mail : gimoon1118@gmail.com

** 정회원 · 교신저자, 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · E-mail : doosunkang@khu.ac.kr