

그래프이론 기반 수질사고 예방형 상수도 관망 밸브 시스템 설계

Isolation valve system design account for water quality failure based on graph theory

박경진*, 이승엽**

Kyeongjin Park, Seungyub Lee

요 지

상수도 관망의 운영 단계에서 비정상상황의 발생은 필연적으로 발생하며, 비정상상황 발생 시 상수도 관망 내 설치된 제수 밸브의 차폐를 통해 해당 구역의 격리 후 복구를 진행한다. 일반적으로 제수밸브를 통해 격리될 수 있는 최소 구역은 세그먼트로 정의하고, 제수밸브 설치 시 세그먼트의 격리로 인한 상수도 관망의 피해를 줄일 수 있도록 위치를 선정한다. 제수 밸브를 통한 격리 시 상수도 관망의 흐름 경로와 유향, 유속의 변화와 같은 수리적 특성 변화가 불가피하다. 지난 '19년도에 발생했던 3건의 수질 사고가 수리적 특성 변화에서 기인했던 것을 고려할 때, 제수밸브 차폐로 상수도 관망의 부분 격리 시 발생 가능한 수리적 특성 변화에서도 수질 사고가 야기될 가능성이 있다.

기존 제수밸브 위치를 결정한 연구들을 보면, 대부분 제수밸브 위치에 따라 결정된 세그먼트의 격리 시 수압 저감을 고려하여, 격리 시에도 상수도 관망의 성능을 최대한 유지할 수 있도록 결정하는 것이 일반적이다. 다만, 앞서 언급한 것과 같이 격리 시 발생 가능한 수리적 특성 변화로, 수압 저감 외에도 예기치 못한 수질 사고의 발생 원인이 되기도 한다. 이에 따라 제수밸브의 최적 위치를 결정할 때 수리적 특성 변화를 고려해야 예지치 못한 2차 피해를 줄일 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 그래프이론을 활용하여 격리 전후 관로의 유향 변화를 최소화하도록 제수밸브 최적 위치 결정하는 방법론을 제안한다. 그래프이론은 망의 형태를 가지는 상수도 관망의 연결성을 정량화할 수 있으며, 본 연구에서는 수리학적 거리 인자를 적용하여 격리 시에도 각 수요절점이 최소 경로를 확보할 수 있도록 유도하였다. 해당 방법론은 가상 관망에 적용하여 수리학적 거리 인자에 따른 설계와 기존 상수도 관망 성능 극대화 설계 안을 비교하였다. 또한 수질 사고 위험도 인자를 정의하여 해당 인자에 따른 각 설계 안의 효과를 분석하였다. 본 연구는 향후 수질 사고를 고려한 밸브 시스템의 설계 및 운영에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

핵심용어 : 제수밸브, 상수도 관망, 수질 사고, 그래프이론, 최적화

감사의 글

이 성과는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1C1C2004896)

* 학생회원 · 한남대학교 공과대학 토목환경공학과 학부연구생 · E-mail : gzone1117@naver.com

** 정회원 · 한남대학교 공과대학 토목환경공학과 조교수 · E-mail : seungyub.lee@hnu.kr