

수리해석방법에 따른 수질계측기 위치 결정

이찬욱, 박지승, 홍성진, 유도근
수원대학교 토목공학과
e-mail:skyblue985@naver.com
e-mail:kho564@naver.com
e-mail:yd116324@naver.com
e-mail:dgyoo411@suwon.ac.kr

Determination Location of Water Quality Sensor According to Hydraulic Analysis Method

Lee Chan Wook, Ji Seung Park, Sung Jin Hong, Do Guen Yoo
Dept. of Civill Engineering, The University of Suwon

요약

최근 상수관로 내 유량의 변동에 의해 관로 내 침전물들이 반대로 휩쓸려가 탁수를 발생시키는 경우가 다수 발생되고 있다. 본 연구에서는 유량변동에 의한 수질오염발생 가능성이 높은 관로를 탐색하고자하였으며 이를 위해 비상연계공급 시나리오를 생성하여 다양한 수리해석 기법에 의해 도출되는 계측기 위치를 비교분석 하고자 하였다. 상수도관망의 수리해석 방법으로는 정상상황의 관망해석에 사용되는 수요기반해석(Demand Driven Analysis, DDA)과 비정상상태 시스템 해석에 사용되는 수압기반해석(Pressure Driven Analysis, PDA) 및 유한수원 가정의 Advanced-PDA 등이 있으며 이러한 방법들을 적용한 결과 해석방법별로 수질계측지점의 변화가 발생하는 것으로 나타났다. 제시된 연구결과를 통해 향후 유량변동에 의한 수질계측지점의 선택에 있어 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

물 공급 시스템의 주요 3가지 목적은 충분한 양의 물을 적절한 수압과 수질로 공급하는 것이다. 이러한 점을 만족시키기 위해서는 효율적인 상수관망의 운영이 필요하며 많은 국가에서는 다양한 수리학적 해석을 통해 안정적인 물 공급시스템을 구축하고 있다.

최근들어 비정상상황에서 유량의 변동에 의해 발생하는 탁수발생 현상으로 인한 피해가 증대되고 있다. 이러한 탁수발생을 미리 계측, 탐지하기 위한 수질계측기 설치가 과거에 비해 증대되고 있으나 운영 및 유지관리의 문제로 모든지점에 설치하기에는 한계가 있다. 이를 위해 [1-3]등은 관로 내 오염여부를 매트릭스로 구성하여 수질문제를 탐지할 수 있는 방법론을 제안하여 계측기가 필요한 위치를 축소화 하였으며 [4-6]등에 의해 수질계측지점에 대한 결정 연구가 지속적으로 진행되고 있으며 방법론의 우열을 가리기 힘들다. 최근 [7]은 비정상상황 유량의 변동에 의한 수질문제 인지를 위한 계측지점 위치 결정방법론을 제안한 바 있다. 그러나 [7]가 적용한 수리해석 기법은 필요한

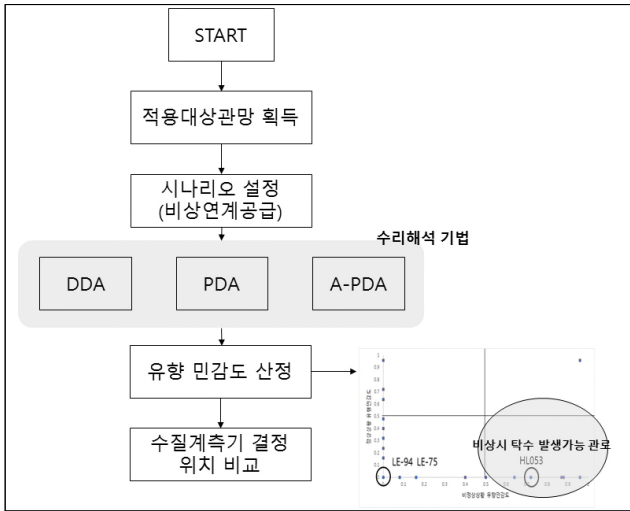
수요량은 무조건 공급가능하다는 가정을 기반으로 둔 수요기반해석(Demand Driven Analysis, DDA)을 활용하였다. DDA의 경우 무조건적인 수요량 공급으로 인해 부압 등의 오류가 발생하는 경우가 있어 여러 연구자들에 의해 비정상상황에서의 단점을 지적하였다. 따라서 본 연구에서는 상수관망에서의 수리해석 기법 3가지(수요기반해석(Demand Driven Analysis, DDA)와 수압기반해석(Pressrue Driven Analysis, PDA) 및 유한수원 가정의 A-PDA)를 적용하여 [7]가 제시한 수질 계측기 위치 결정 방법론을 적용하였으며 도출되는 결과를 비교분석 하고자 하였다.

2. 방법론

2.1 방법론 적용 절차

방법론의 적용 절차는 그림 1과 같다. 먼저 적용대상지역을 선정하고, 비상연계공급 시나리오를 설정한다. 다음으로는 설정된 시나리오를 수리해석 기법(DDA, PDA, A-PDA)을 적용하고 정상 및 비정상 시나리오에 따른 유량변동성 및 압력

값을 도출한다. 마지막으로 유량의 민감도를 산정하여 그래프에 도시한다. 본 연구에서는 정상상황에서의 유량의 민감도가 낮고 비정상상황에서의 민감도가 높아지는 경우 유량의 변동성이 잦아져 비상시 수질문제가 발생할 수 있다는 가정을 하였으며 이때, 민감도의 높고 낮음의 범위는 0.5로 설정하였다. 물론 향후 사용자에게 따라 적절한 가중치를 설정할 필요가 있다.

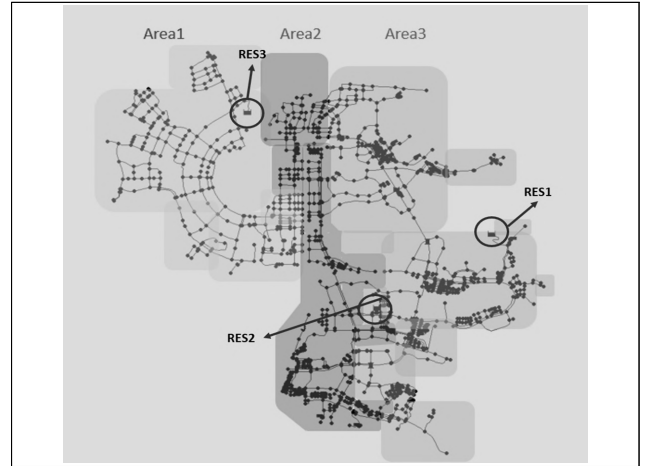


[그림 1] 본 연구의 적용 방법 절차

3. 적용 및 결과

3.1 적용 대상 지역

적용 대상지역은 우리나라 A시로 3개의 배수지, 1937개의 관로 및 1492개의 절점으로 구성되어있다(그림 2). 각 구역 (Area 1~3)을 연결하는 비상연계관로 10개로 구성되어있으며 이를 활용한 비상연계공급시나리오를 생성하여 수리해석기법별 수질계측기 위치 변화를 분석하고자 하였다.



[그림 2] A시 관망도

3.2 적용 시나리오

본 연구에서 적용하고자 한 시나리오는 표 1과 같다. 먼저, 정상상황시나리오의 경우 24시간의 기본 수요량정보를 바탕으로 활용하였다. 비정상상황 시나리오는 RES 2가 공급불가한 상황이 발생하여 Area 3과 연결된 비상연계공급관로를 통해 RES 3로부터 공급받는 상황을 모의하고자 하였다.

[표 1] 비상연계공급 시나리오

시나리오	비상상황 발생 배수지	비상연계구역
	RES 2	Area2-Area3

3.3 시나리오별 압력변화 결과

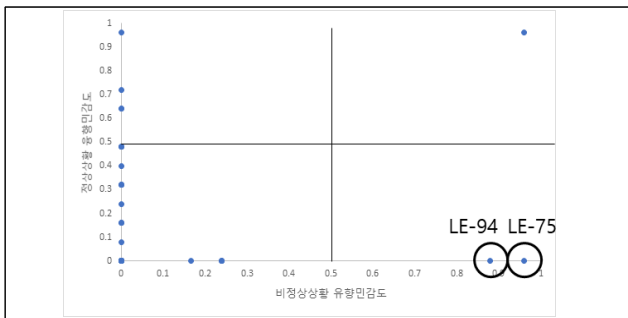
비정상상황에서의 수리해석 기법별 각 구역의 압력분포 현황 과 수치는 표 2과 같다. Area 1의 경우 RES 1에 비상상황이 발생하지 않아 압력값의 변화는 발생하지 않았다. 이는 DDA, PDA, A-PDA 모두 정상상황에서 만족한다는 것을 의미한다. 반면에 Area 2 및 3에서는 수리해석 기법별로 압력값이 큰 차이로 변화하는 것을 알 수 있다. 그중에서도 A-PDA 결과는 압력값이 Area 2에서 크게 주는 현상이 도출되었으며 이는 RES 2가 차단됨에 따라 RES 3에 의해 공급받게 되는 현상에서 저수지가 공급할 수 없는 현상이 발생되어 압력값이 크게 감소한 것으로 판단된다.

[표 2] 비상연계공급 시나리오에 따른 압력분포 현황

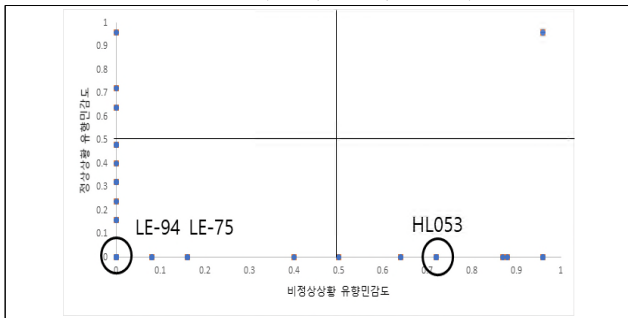
수리해석 기법	Pressure(m)		
	Area 1	Area 2	Area 3
DDA	35.391	45.363	22.161
PDA	35.391	47.042	49.036
A-PDA	35.391	22.973	25.786

3.4 시나리오별 계측기 위치 변화

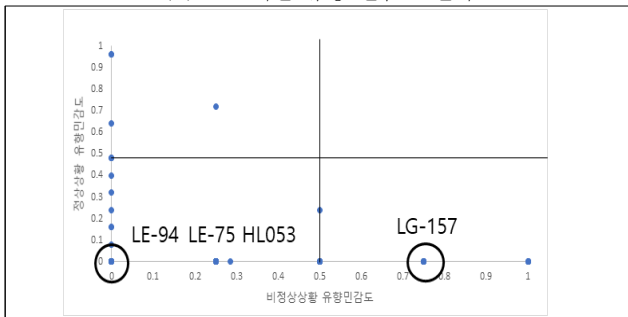
그림 3은 수리해석 기법별 유향민감도를 정상/비정상 그래프로 표출한 그림이다. DDA기반 수질계측기 설치 관로는 LE-94 및 LE-75 등으로 나타났다. PDA 및 A-PDA에서는 그림 3(b, c)와 같이 비정상상황에서 유향의 민감도가 0으로 거의 변동이 없는 것으로 나타났다. 이는 흐름이 해당관로까지 미치지 않아 흐름방향 변화역시 발생하지 않은 것으로 판단된다.



(a) DDA기반 유향 민감도 결과



(b) PDA기반 유향 민감도 결과



(c) A-PDA기반 유향 민감도 결과

[그림 3] 수리해석 방법별 유향 민감도 결과

4. 결론

본 연구에서는 우리나라 A시에 비상연계공급시나리오를 적용하여 여러 가지 수리해석 기법을 통해 분석을 수행하고 유향의 변동성을 기반으로 계측기 위치의 변화를 분석하여 그 결과를 제시하였다. 적용 결과 정상상황에서의 적용된 수리해석 기법에 의한 압력 및 계측기 위치의 변화는 없었으나 비정상상황이 발생한 경우에는 해석방법별로 계측기 위치

즉, 유향의 변동이 빈번히 발생하는 지점이 달라지는 것으로 나타났다.

제시된 연구 결과를 통해 향후 비정상상황발생시 유향변동에 의해 발생 가능한 탁수 발생 등의 문제를 미리 계측하기 위한 지점선정에 있어서의 적용 수리해석 방법을 선택하는데 있어 기초 참고자료로 활용 가능할 것으로 기대된다. 물론, 수리해석 기법에는 매개변수설정에 따른 불확실성이 있으므로 적절한 변수의 설정뿐 만 아니라 저수지 재원 등의 정보를 구체화 하고 보다 많은 시나리오에 대한 적용이 기반되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지능형 도시수자원 관리사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (2019002950002)

참고문헌

- [1] Kessler, A., Ostfeld, A., & Sinai, G. (1998). Detecting accidental contaminations in municipal water networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 124(4), 192-198.
- [2] Ostfeld, A., & Salomons, E. (2004). Optimal layout of early warning detection stations for water distribution systems security. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(5), 377-385.
- [4] Tan, X., Shi, X., Liu, G., Xu, H., & Nie, P. (2010). An approach to analyzing taxonomic patterns of protozoan communities for monitoring water quality in Songhua River, northeast China. *Hydrobiologia*, 638(1), 193.
- [5] Krause, A., Leskovec, J., Guestrin, C., VanBriesen, J., & Faloutsos, C. (2008). Efficient sensor placement optimization for securing large water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(6), 516-526.
- [6] Watson, J. P., Murray, R., & Hart, W. E. (2009). Formulation and optimization of robust sensor placement problems for drinking water contamination warning systems. *Journal of Infrastructure Systems*, 15(4), 330-339.
- [7] 이찬욱, 이용준, 박지승, & 유도근. (2020). 수돗물 공급관로 내 수질문제 인지를 위한 계측기 위치결정. 2. 한국방재학회 논문집, 20, 299-306.