

# WaterGEMS 모형을 활용한 상수관망 소블럭 내 관세척 모의 분석

홍성진, 이수호, 문기훈, 유도근  
수원대학교 토목공학과  
e-mail:ydl163124@naver.com  
e-mail:tngh1995@naver.com  
e-mail:godurum3@gmail.com  
e-mail:dgyoo411@suwon.ac.kr

## Flushing Simulation in Small District Meter Area for Water Distribution Networks Using WaterGEMS Model

Sung-Jin Hong, Soo-Ho Lee, Gi-Hun Moon, Do Guen Yoo  
Dept. of Civill Engineering, The University of Suwon

### 요 약

본 연구에서는 관망해석에 널리 활용되고 있는 상용프로그램인 WaterGEMS 모형을 활용하여, 소블럭 내 일부 영역에 대한 재래식 관세척과 단방향 관세척을 사전모의하고 평가하였다. 재래식 관세척을 우선적인 기법으로 적용하여 소화전 개방 순서에 따른 관세척 효과를 정량화하여 나타내고, 최소유속이 만족되지 못하는 관로의 경우 추가적으로 단방향 관세척을 실시하여 유속이 증가되도록 모의하였다. 제시된 방법론은 배수구역에 대한 관세척을 의무화한 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준의 관세척 세부시행계획 수립을 위한 활용방법론으로 적용 가능하다.

### 1. 서론

정수처리된 물을 소비자까지 공급하는 상수관망시설의 노후화가 진행됨에 따라 최근 상수도 사업의 관점은 공급중심에서 유지관리중심으로 변화되고 있다. 상수관로의 유지관리 기법 중 관노후 및 수질민원이 빈번히 발생하는 상수도 배관의 경우 관교체가 용이하지 않다면 관세척 기법을 적용할 수 있다. 관세척은 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준(환경부고시 제2021-43호)에서 상수관로 내부에 기존 도장재의 손상없이 침전물, 녹, 슬라임 또는 부식 생성물 등을 제거하여 수질을 개선하는 것으로 정의하고 있다[1]. 관세척에 대한 국외의 연구로 Oberoi (1994)는 관세척 효과를 발생시킬 수 있는 최소유속기준을 1.5m/s로 제안하였고, 최근 Deurlein et al. (2014)는 그래프 이론을 적용하여 0.9m/s를 최소 유속으로 제시한바 있다. 물로 관을 세척하는 방식에는 대표적으로 재래식 관세척, 단방향 관세척, 그리고 연속퇴수가 있다 (Friedman et al, 2002)[2-4]. 재래식 관세척은 관말 관로 또는 수질이 저하된 특정 지역에서 밸브의 조작없이 관내 물을 소화전 등을 활용하여 배출시키는 것을 말하며, 단방향 관세척은 대상관로 주위 분기관의 밸브를 닫아 물흐름 방향을 단일 관로로 만들어 관내 고형물을 배출시키는 방법으로, 유속을

증가시킬 수 있다는 장점이 있다. 연속퇴수는 관말 관로의 물이 순환되지 않는 곳에서 퇴수밸브를 일부 개방하고 계속적으로 물을 흐르게 하는 방법을 말한다. 이와 같은 물세척 방법은 실제 현장에서 국부적으로 수행되고, 필요시 단수 및 수질문제를 야기하므로 사전에 세척에 대한 효과를 평가하여 효율적으로 수행되어야 한다.

본 연구에서는 관망해석에 널리 활용되고 있는 상용프로그램인 WaterGEMS 모형을 활용하여, 소블럭 내 일부 영역에 대한 재래식 관세척과 단방향 관세척을 사전모의하고 평가하였다. 이와 같은 사전모의분석을 통해 재래식 관세척의 효과를 극대화하기 위한 소화전 개방 순서를 결정할 수 있으며, 재래식 관세척으로 최소 유속을 만족시키지 못하는 관로의 경우 단방향 관세척을 통해 해결이 가능한지에 대한 평가를 정량적으로 수행하였다.

### 2. 연구방법

WaterGEMS는 상수관망에 대한 해석을 기반으로 종합적이면서도 사용이 간편한 의사 결정 지원 도구를 제공하는 소프트웨어로 Bentley社에 의해 개발 공급되고 있다. 상수도관망해석의 공용프로그램인 EPANET2의 해석 엔진을 기반으로 개발되었으며, 추

가적으로 개선된 수리, 수질해석기능을 제공하고 있다 (그림 1). 본 연구에서 목표로 하고 있는 관세척의 경우 여러 건의 통상적인 재래식 및 단방향 세척 과정을 포함한 모의가 가능하도록 지원하고 있다. 연속적 모의를 통해 대상 지역의 관세척에 따른 효과를 최소유속 이상을 만족시키는 관로와 그 누적연장의 값으로 제시하여 관세척 순서와 방법론을 결정할 수 있도록 구현되었다(그림 2).

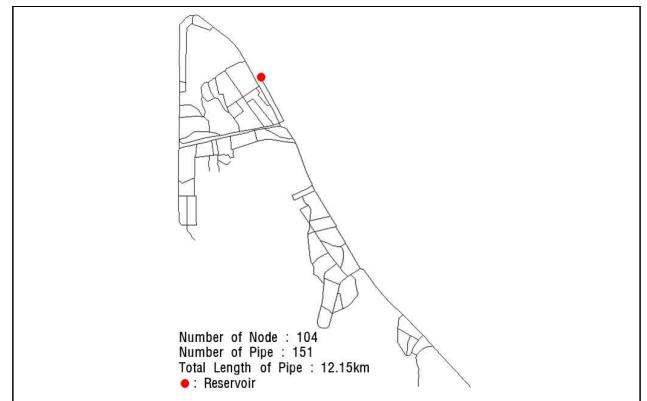
하고 관세척 전후의 유속을 비교평가하였다.

### 3. 적용 및 결과

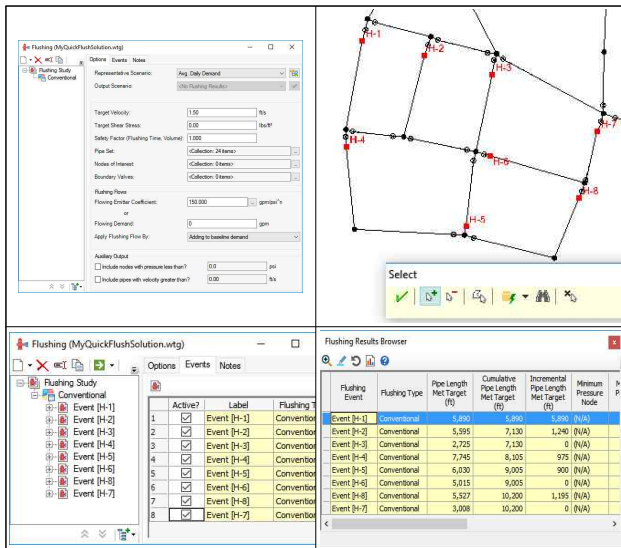
본 연구에서 적용하고자 하는 A구역의 상수관망도는 다음 [그림 3]과 같으며, [그림 4]는 A소구역의 상수관망도를 나타내고 있다. A소구역은 북부에서 1개 경로를 통해 용수를 공급하며, 유입된 용수는 관내의 104개의 절점에 송수된다. 직경 80mm이상의 관거는 142개(총 연장 12.15km)이며, 관세척 대상지역의 절점은 총 29개로 구성되어 있다. 본 연구에서 적용하고자 하는 지역은 17개의 소화전과 42개의 차단밸브가 존재하는 것으로 가정하였다.



[그림 1] WaterGEMS 모형의 특징[5]

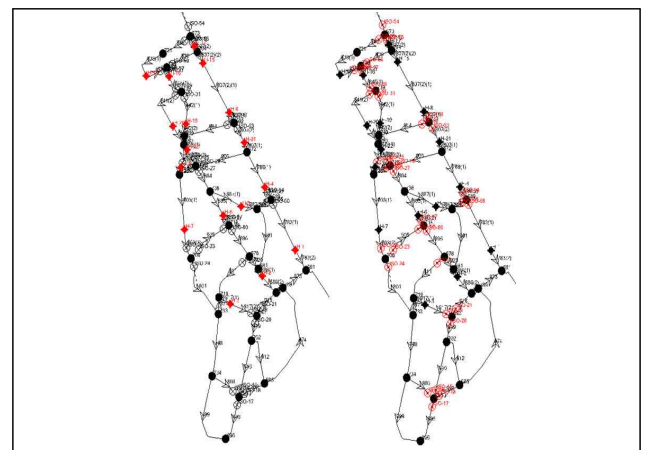


[그림 3] A 소블럭 상수관망도



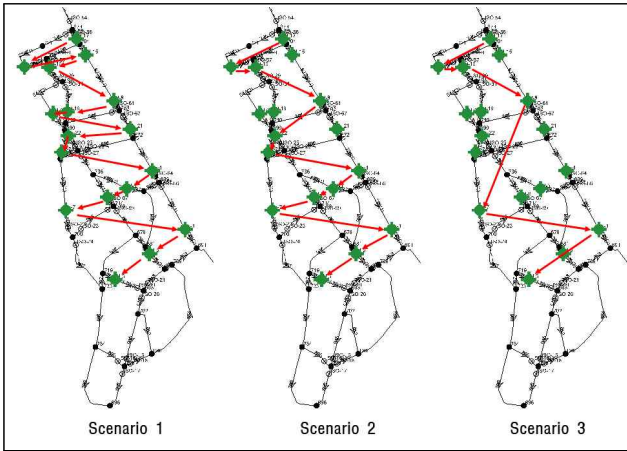
[그림 2] WaterGEMS 모형의 관세척 모의 예시[5]

본 연구에서는 관세척이 필요한 대상구역이 정해져 있을 경우, 우선 소화전 위치를 확인하고 재래식 관세척을 통해 세척 효과가 발휘될 수 있는 관로를 순차적으로 선정하고 관세척 모의를 수행하였다. 이 과정에서, 재래식 관세척을 수행할 때 필요한 대상 소화전의 개방 순서를 시나리오 기반으로 설정하고 그 차이점에 대해 평가 분석한다. 추가적으로 재래식 관세척을 통해 충분한 관세척 효과를 도출하지 못하는 관로를 대상으로 차단밸브의 위치결정을 통한 단방향 관세척을 모의



[그림 4] A 소블럭내 관세척 대상구역의 소화전, 차단밸브 위치

[그림 5]는 대상 구역의 소화전을 개방하는 순서를 다르게 하여 구성된 2개의 시나리오를 보여주고 있다. 관세척 모형 구동을 통해 각 시나리오 별로의 연속적인 소화전 개방에 따른 최소유속(1.5m/s) 이상의 관세척이 가능한 관로의 길이와 누적연장을 도출하고 그 결과를 표출하면 [표 1] 및 [표 2]와 같다.



[그림 5] A 소블럭 플러싱 적용 순서

[표 1] Scenario 1의 결과

Scenario 1			
Hydrant	Pipe Length Met Target(m)	Cumulative Pipe Length Met Target(m)	Incremental Pipe Length Met Target(m)
H-17	804	804	804
H-18	1,003	1,052	248
H-15	804	1,052	0
H-16	1,315	1,362	310
H-8	994	1,552	190
H-19	1,332	1,552	0
H-20	1,377	1,552	0
H-21	975	1,552	0
H-22	1,488	1,591	39
H-24	1,499	1,671	80
H-4	1,104	1,718	47
H-5	1,556	1,808	90
H-6	1,510	1,852	44
H-7	1,554	1,984	132
H-1	1,479	2,157	173
H-2	1,598	2,220	63
H-3	1,687	2,388	168
Total	22,079	-	2,388

시나리오 1과 2의 결과를 비교하면, 시나리오 1은 17개의 소화전을 모두 개방하여야 2,388m에 해당하는 관로연장이 관세척의 효과를 거둘수 있는 최소유속조건을 만족하게 된다. 반면, 시나리오 2는 13개의 소화전의 개방으로 동일한 관세척의 효과를 거둘 수 있는 것으로 평가되었다. 시나리오 1과 2의 모의 결과는 동일한 구역을 대상으로 재래식 관세척을 수행할 경우 소화전 개방의 순서 조정에 따라 최소한의 소화전 개방개수를 통해 최대의 관세척 효과를 거둘 수 있는 방법이 제안될 수 있음을 의미한다.

[표 2] Scenario 2의 결과

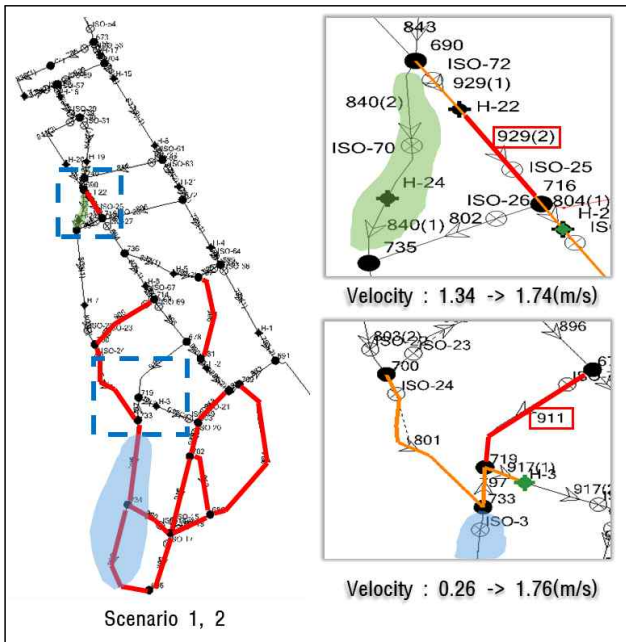
Scenario 2			
Hydrant	Pipe Length Met Target(m)	Cumulative Pipe Length Met Target(m)	Incremental Pipe Length Met Target(m)
H-17	804	804	804
H-18	1,003	1,052	248
H-16	1,315	1,362	310
H-8	994	1,552	190
H-22	1,488	1,591	39
H-24	1,499	1,671	80
H-4	1,104	1,718	47
H-5	1,556	1,808	90
H-6	1,510	1,852	44
H-7	1,554	1,984	132
H-1	1,479	2,157	173
H-2	1,598	2,220	63
H-3	1,687	2,388	168
Total	17,591	-	2,388

[표 3] Scenario 1, 2에 의한 유속을 만족하지 않는 파이프

Pipe(ID)	Velocity (m/s)	Pipe(ID)	Velocity (m/s)
174	1.5	278	0.41
312	1.49	311	0.35
277	1.49	181	0.31
178	1.40	168	0.26
475(929(2))	1.34	279	0.26
280	0.83	166(911)	0.15
204	0.68	186	0.11

시나리오 1과 2에 의한 재래식 관세척을 수행하더라도 16개 정도의 관로는 관세척 효과기준인 1.5m/s의 유속이 만족되지 않는 것으로 평가되었다. 따라서 본 연구에서는 추가적으로 유속이 만족되지 않는 관로를 대상으로, 단방향 관세척 공법을 이용하여 관로를 고립시킨 후 유속을 증가시켜 세척효과를 만족할 수 있도록 모의를 수행하였다.

[그림 6]은 단방향 관세척을 위한 대상 관로와 차단 밸브를 표현하고 있으며, 밸브차단에 따른 관세척을 수행한 전후의 관로의 유속변화를 나타낸다. 제시된 단방향 관세척 결과는 재래식 관세척을 통해 관세척 효과를 만족시키지 못하는 관로는 단방향 관세척을 통해 유속을 증가시킬 수 있음을 나타낸다.



[그림 6] 시나리오 적용 결과 및 단방향 플러싱 적용

#### 4. 결론

본 연구에서는 WaterGEMS 모형을 이용하여 사전 정의된 소블록내 일정구역에 대해 대표적인 물세척 방법인 재래식 관세척과 단방향 관세척에 대한 모의를 수행하였다. 재래식 관세척을 우선적인 기법으로 적용하여 소화전 개방 순서에 따른 관세척 효과를 정량화하여 나타내고, 최소유속이 만족되지 못하는 관로의 경우 추가적으로 단방향 관세척을 실시하여 유속이 증가되도록 모의하였다. 제시된 방법론은 배수 구역에 대한 관세척을 의무화한 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준의 관세척 세부시행계획 수립을 위한 활용방법론으로 적용 가능하다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

- [1] 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준 (2021) 환경부 고시
- [2] Oberoi, H. (1994). The construction of religious boundaries: Culture, identity, and diversity in the Sikh tradition. University of Chicago Press.
- [3] Deuerlein, J., Simpson, A. R., & Korth, A. (2014).

Flushing planner: a tool for planning and optimization of unidirectional flushing. *Procedia Engineering*, 70, 497-506.

- [4] Friedman, M., Kirmeyer, G. J., & Antoun, E. (2002). Developing and implementing a distribution system flushing program. *Journal American Water Works Association*, 94(7), 48-56.
- [5] Bentley (2021) *WaterGEMS User's Manual*.