

# 우수관 설계를 위한 관내 최대유속기준 타당성 검토에 관한 연구

## A study on the reasonable standard of Max. flow in a pipe for designing the best Pipe network

이정민\* / 김영진\*\* / 박종표\*\*\* / 현경학\*\*\*\*

Jung Min Lee, Young Jin Kim, Jong Pyo Park, Kyoung Hak Hyun

### 요 지

현재 국내에서 적용하고 있는 관내 최대유속기준 3.0m/s의 타당성을 평가하고자 SWMM 모형을 이용하여 최대유속 적용기준에 대한 우수관거 수리분석 연구를 수행하였다. 강우시 모니터링 지점의 우수유입에 따른 관내 실측결과와 검·보정을 통하여 모형을 구축하였으며, 설계빈도(10년 빈도) 홍수 유입시 관내 수리특성을 분석하였다. 관 최적 설계안 수립을 위한 관거 모델링 수행을 통해 관 경사, 조도계수 변화에 따른 관내 최대유속 민감도 분석을 수행하고 최대유속 기준 변화에 따른 최적설계안을 제시하였다.

일반적으로 우수관거 수리계산시 실무에서는 MAKESW 프로그램을 사용하고 있다. 본 연구에서는 MAKESW가 반영하지 못하는 호우시 관거내 유속, 유량변화 시계열을 SWMM 모형을 통하여 우수관거 수리분석을 수행하였다. 실제 사업지구의 경우 MAKESW를 이용하여 설계된 관내 최대유속이 3.0m/s 이하 일지라도 월류, 압력류, 배수영향을 종합적으로 고려하는 SWMM 모형의 수행결과는 일부 관거에서 설계기준 이상의 유속이 발생하는 것으로 나타났다. 설계빈도 홍수량 유입시 관 경사, 조도계수 변화에 따른 관거 내 최대유속 민감도 분석을 수행한 결과, 관 경사가 5% 증가할 때 관내 최대유속은 약 4~26% 증가했으며, 관경사가 완만한 경우 관 경사 증가에 따른 최고유속의 증가 민감도는 더 커졌다. 관 조도계수에 따른 최고유속 분석결과 관 조도계수가 0.005 커질 때 최고유속은 약 30% 증가하는 것으로 분석되었다.

현재 국내의 최대 유속기준을 준수하려면 규정보다 훨씬 많은 맨홀 또는 암거의 낙차공을 설치해야 하기 때문에 공사비 증대를 초래할 수 있다. 아직 기본적인 연구단계지만 본 연구결과와 보완연구를 통하여 최적의 관내 최대유속 기준조건을 우수관거 설계계획에 반영한다면 공사비 절감, 공기단축 등의 효과가 있을 것으로 판단된다.

### 핵심용어 : 관내 최대유속기준, SWMM

## 1. 서 론

하수도시설기준(환경부, 2005)에 제시하고 있는 최대유속 3.0m/s는 통상 관내 유속 증가에 따른 관 내부 침식과 충격에 의한 관 이음부 이탈방지를 위해서 규정하고 있다. 그러나 현재 적용되고

\* 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 · E-mail : andrew4502@lh.or.kr  
\*\* 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 · E-mail : yjkim016@lh.or.kr  
\*\*\* (주)창대종합기술단 부설 한국수자원컨설팅센터 이사 · E-mail : jppark@hecorea.co.kr  
\*\*\*\* 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 · E-mail : khhyun@lh.or.kr

있는 유속규정은 국내 실정에 맞도록 연구 및 현장적용을 통하여 검증된 수치가 아니라 외국의 자료를 참고한 값으로 일본 「하수도시설계획·설계지침과 해설(2001)」의 유속범위인 0.8~3.0m/s와 동일하다.

최근 개발되는 택지, 산업단지, 유통단지, 신도시의 경우, 기존 도시인근 구릉지를 개발하는 사례가 대부분으로 최대유속규정을 준수하려면 규정보다 훨씬 많은 맨홀 또는 암거의 낙차공을 설계, 시공하여야 되므로 공사비 증대를 초래할 수 있다. 따라서 국내 실정에 맞는 최대 유속기준의 재확립을 위한 연구개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 시공조건, 사용관중 등의 환경이 변함에 따라 현재 하수도시설기준에서 규정하고 있는 관내최대유속 3.0m/s의 기준적용 적정성을 고찰하고 새로운 적용기준을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 내용

본 연구는 화성동탄 신도시의 강우, 유속, 유량 측정결과를 이용하여 SWMM 모형을 수행하고 MAKESW에서 계산된 관로별 유속, 유량계산 결과와 비교검토 하였다. 수리, 수문조건 변화에 따른 수리분석은 관 경사, 조도계수 변화시 우수관거 유속변화를 분석하여 최대유속 기준변경에 따른 적정 관로계획을 수립하였다.

### 2.1 대상구역의 수리학적 특성 분석

화성동탄 신도시의 모니터링 대상지점은 총 3개소(G70-4, B280-3, A230-3 지점)이며 관경은 각각 D450, D900, D1200이다(그림 1). 총 2차에 걸쳐서 강우, 유속을 실측하였으며 SWMM모형을 이용한 보정기간은 7. 17. 17:10~7. 18. 01:30이며, 검증기간은 8. 11. 22:40~8. 12. 18:40이다.

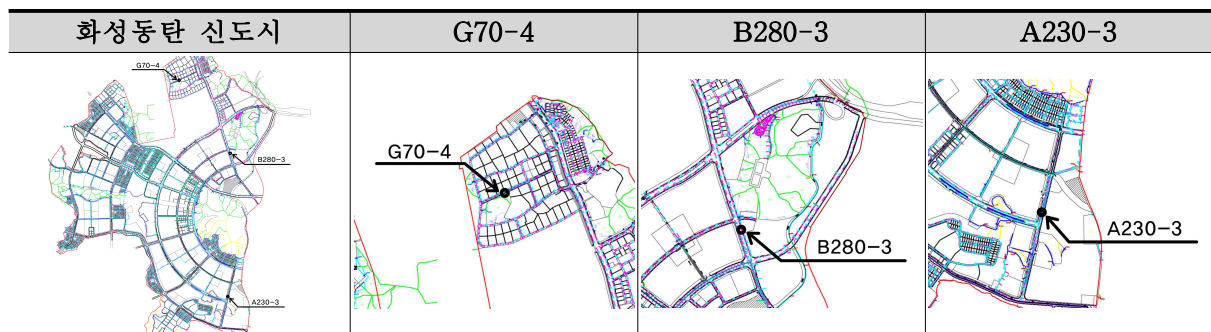


그림 1. 대상구역 및 모니터링 지점

SWMM 모형의 보정 결과 B280-3 지점은 현장여건으로 인하여 유량측정 결과가 누락되어 유속 측정결과만 도시하였다. A230-3 지점의 경우 0.2m/s 이상의 유량이 유하될 경우 유량계의 측정범위를 초과하여 결측치가 발생하였다. 모형보정 결과 유속의 상관계수는 0.72-0.93이다. 측정성과 중 B280-3 지점의 유량의 경우 유속 1.8m/s 이상, A230-3 지점의 경우 유속 1.61m/s 이상에서 유량계의 측정범위를 초과하여 유량관측 결과에서 일부 결측값이 발생하였다

SWMM 모형의 검증은 유속, 유량 계산결과와 측정결과의 상관계수는 유속 0.76-0.91, 유량 0.75-0.84로 산정되었다.

표 1은 SWMM 모형의 보정 및 검증의 상관계수를 나타내고 있으며, 그림 2는 A230-3지점의 모형의 검증 및 보정결과를 나타내었다.

표 1. 모형 보정 및 검증에 대한 상관계수

구분		G70-4		B280-3		A230-3	
		유속	유량	유속	유량	유속	유량
보정	상관계수	0.757	-	0.722	-	0.928	-
검증		0.755	0.753	0.870	0.809	0.905	0.842

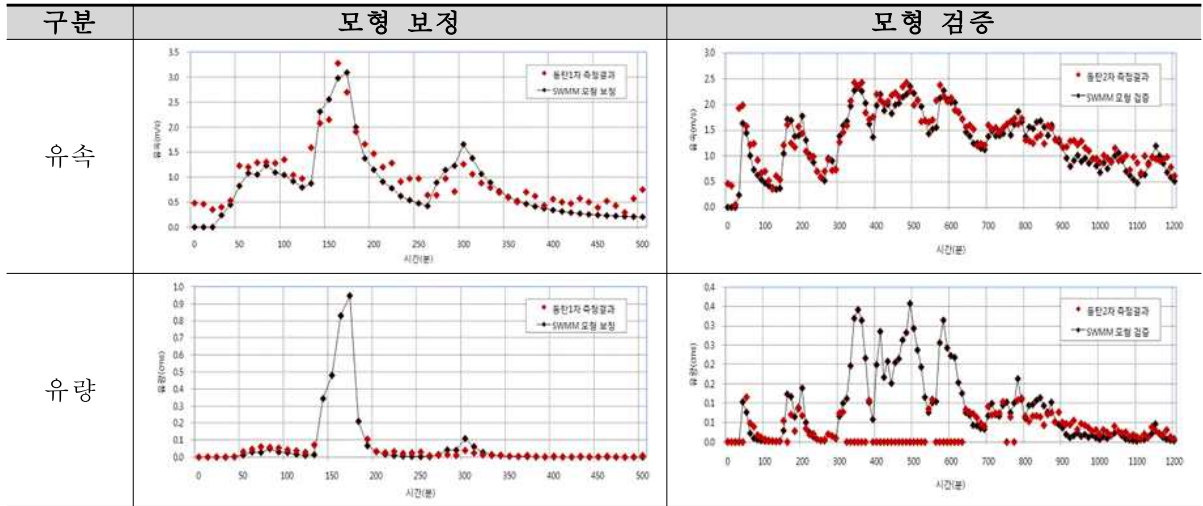


그림 2. A230-3 지점의 보정 및 검증결과

2.2 설계빈도 강우시 우수관거의 특성 분석

우수관거의 설계빈도는 간선(D600mm 이상)인 경우 10년빈도, 지선(D600mm 미만)인 경우 5년 빈도 강우강도를 적용한다. 설계빈도의 경우 설계 당시에는 간선과 지선을 구분하여 계획하나 실제 호우사상에 의한 관로의 수리특성 변화는 동일빈도에 대하여 적용하는 것이 타당할 것이다. 따라서 본 연구에서는 간선(D600mm 이상) 설계빈도인 10년빈도 호우시 모니터링 지점 관로 및 주요지점에 대한 유속 및 유량을 모델링하였다.

지속기간 선정은 MAKESW에서 채택하고 있는 홍수량 산정방법인 합리식의 개념과 동일하게 적용하였다. 확률강우량 시간분포의 경우 수원기상대의 Huff 4분위 4구간 호우를 적용하였다.

SWMM 모형은 Extran 블럭과 연계하여 월류, 배수, 압력류 등의 수리현상을 반영한 경우, MAKESW는 배수위, 압력류 등이 없다는 가정 하에 수리특성을 분석한 경우를 비교 분석하였다.

화성동탄 신도시 G70-4, B280-3, A230-3 관거에 대하여 10년빈도 홍수시 SWMM 모형 수행결과 최대유속은 3.0-4.2m/s, 최대유량은 0.35-4.07m³/s인 것으로 분석되었다.

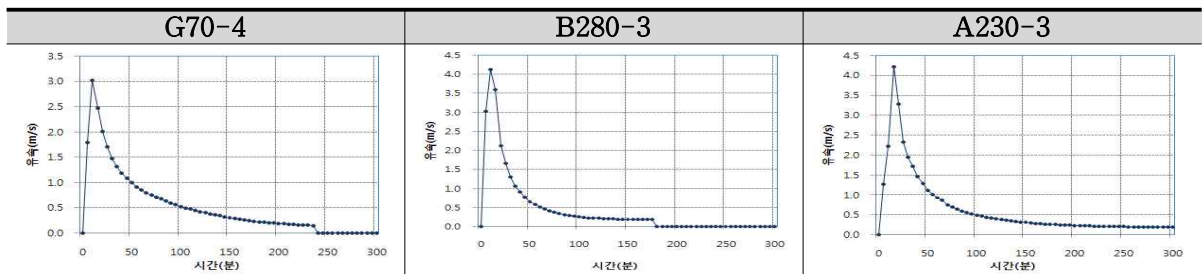


그림 3. 설계빈도 강우시 SWMM 모형 수행결과

모형 적용성 평가를 위하여 모니터링 지점에 대한 SWMM Extran 블록, MAKESW 모형 수행결과를 비교분석하였다. 비교적 경사가 완만한 지역은 두 모형의 결과가 거의 유사하나 급경사지의 경우에는 SWMM모형을 이용한 결과가 더 크게 산정되었으며, 급경사지의 수리영향을 정밀하게 분석할 수 있는 SWMM 모형의 결과가 MAKESW 모형의 결과보다 적용성이 더 우수한 것으로 사료된다.

표 2. 모니터링 지점의 모형별 수리특성 비교

관거명	최대유속(m/s)		최대유량(m <sup>3</sup> /s)	
	MAKESW 모형	SWMM Extran 블록	MAKESW 모형	SWMM Extran 블록
G70-4	3.00	3.027	0.477	0.3517
B280-3	2.99	4.123	1.903	2.0195
A230-3	2.98	4.218	3.37	4.0716

### 2.3 최적 설계안 수립을 위한 관거모델링

관거내 평균경사를 10% 기준으로 5% 씩 증가시키면서 50%까지 변화시키고 관로별 최고유속 변화를 분석하였다. 관 경사 변화에 따른 최고유속검토 결과 관경사 40%인 경우 G70-4 관로에서 최고유속은 4.0m/s를 넘지 않았다. 관 조도계수 변화에 따른 최고유속 분석은 G70-4 지점 상류구역의 모든 관거의 경사는 현재 상태로 입력하고 관 조도계수를 0.010, 0.013, 0.015로 변화시키며 조도계수 변화에 따른 관거별 최고유속, 침투유량 변화 민감도를 분석하였다. 분석결과, 조도계수가 커질수록 관내 유속은 느려진다. 관 조도가 0.015인 경우 G70-4 관로에서 최고유속은 2.97m/s이며 관 조도가 0.005 커질 때 최고유속은 약 30% 빨라진다.

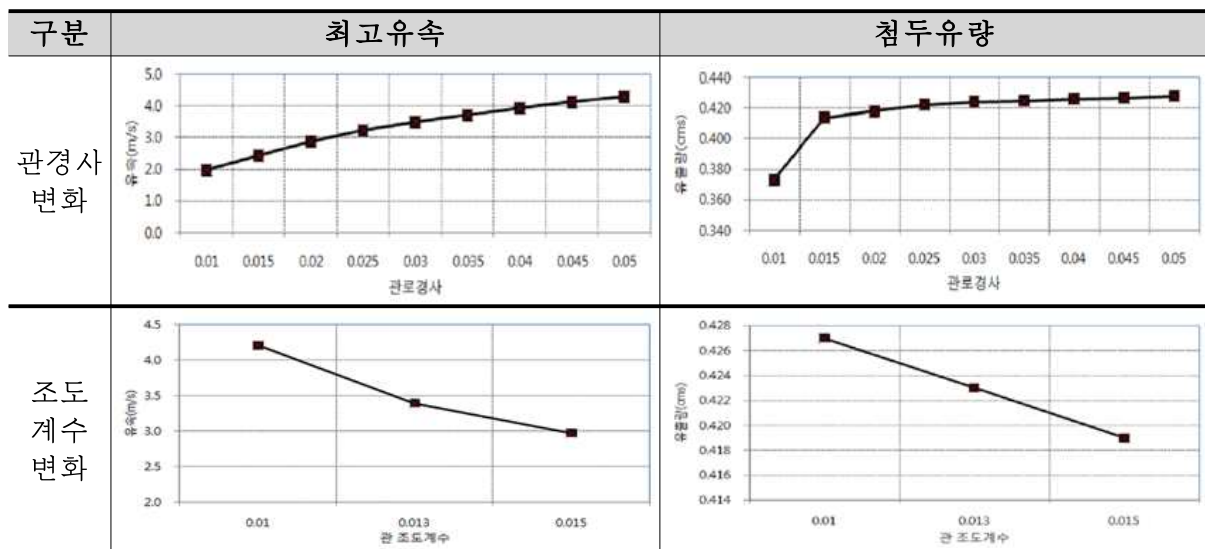


그림 4. 수리조건 변화에 따른 관내 흐름특성

관 경사 및 조도계수 변화에 따른 관내 수리특성 분석을 통하여 최대유속 기준 변화에 따른 개략적인 관로경사, 조도계수를 선정하였다. 최대 유속기준은 하수도시설기준(환경부, 2005)에서 제시하고 있는 최대유속 3.0m/s 이하를 기준으로 0.5m/s 증가할 때 마다 관로경사, 조도계수의 설계안을 제시하였으며 그 결과는 아래 표와 같다.

표 3. 최대유속 기준 변화에 따른 관경사, 조도계수 채택

구분 \ 유속기준	0.8-3.0m/s	3.5m/s 이하	4.0m/s 이하	4.5m/s 이하
관로경사	0.020	0.030	0.040	0.050
조도계수	0.013			

표 4. 유속기준별 설계안에 따른 유속 및 유량 산정결과

유속기준	유속(m/s)		유량(m <sup>3</sup> /s)	
	최대	평균	최대	평균
0.8-3.0m/s	2.6663	0.4722	0.3579	0.0115
3.5m/s 이하	3.0830	0.5345	0.3512	0.0113
4.0m/s 이하	3.4493	0.5911	0.3496	0.0113
4.5m/s 이하	3.7654	0.6355	0.3497	0.0113

### 3. 결 론

본 연구를 통하여 우수관거 수리계산시 통상 적용되고 있는 합리식 기반 모형인 MAKESW에서 반영하지 못하는 호우시 관거내 유속, 유량변화 시계열을 SWMM 모형을 통하여 분석할 수 있었다. 실제 사업지구의 경우 MAKESW를 이용하여 설계된 관내 최대유속이 3.0m/s 이하 일지라도 월류, 압력류, 배수영향을 종합적으로 고려한 SWMM 모형 수행결과 일부 관거에서 설계기준 이상의 유속이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 차후 계획되는 우수관거의 수리계산에서는 SWMM 모형을 이용하여 우수관거의 수리현상을 분석·검토하는 방안이 고려되어야 할 것이다.

설계빈도 홍수량 유입시 관 경사, 조도계수 변화에 따른 관거 내 최대유속 민감도 분석을 수행한 결과, 관 경사가 5% 증가할 때 관내 최대유속은 약 4-26% 빨라졌고 관경사가 완만한 경우 관경사 증가에 따른 최고유속의 증가 민감도는 더 커졌다. 관 조도계수에 따른 최고유속 분석결과 관 조도계수가 0.005 커질 때 최고유속은 약 30% 증가하는 것으로 분석되었다.

현재 국내의 최대 유속규정을 준수하려면 규정보다 훨씬 많은 맨홀 또는 암거의 낙차공을 설치해야 하기 때문에 공사비 증대를 초래할 수 있다. 아직 기본적인 연구단계지만 본 연구결과와 보완연구를 통하여 최적의 관내 최대유속 기준조건을 우수관거 설계계획에 반영한다면 공사비 절감, 공기단축 등의 효과가 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 이범희, 이길성 (1998). “매개변수 추정방법의 개선을 위한 전문가 시스템의 개발.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제31권, 제6호, pp. 641-655.
2. 이영대, 박승우 (1990). “도시소유역의 유출해석을 위한 수문모형의 개발과 응용.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제23권, 제3호, pp. 329-340.
3. 이종태, 강태호, 김정환 (1996). 제4회 수공학익습 교재: 도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM모형. 한국수자원학회, pp. 97-204.
4. Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988). Stormwater Management Model, Version 4: User's Manual Ver. 2.1. U. S. Army Corps of Engineers.