

SWMM을 이용한 홍수량 감소 방안 고찰

김태진*

Exploring Flood Reduction Strategies Using SWMM

Kim, Taejin*

Abstract: Due to abnormal climate patterns, recent extreme weather events such as floods, occurring more frequently than once in a century, have become a common occurrence. This has resulted in frequent urban flooding due to the inadequate capacity of sewage pipelines, originally designed to handle floods occurring once every 20 to 30 years. To tackle this situation, measures such as partial flow retention through reservoirs, flood control facilities, and underground tanks have been implemented. In this study, the Storm Water Management Model, a sewage pipeline model developed by the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), was used to analyze the flow capacity of sewage pipelines on the campus of Daegu University and to conduct research on pollutant reduction through superior control facilities. When the allowable flow velocity, ranging from 0.8 m/s to 3.0 m/s, could not be met, the slope of the sewage pipeline was adjusted through step junctions. The simulation demonstrated a 20% reduction in peak flow, decreasing from 0.69 cm/s to 0.55 cm/s, through the implementation of flow regulation facilities. It is anticipated that the findings of this study can serve as valuable data for adjusting flow velocity and reducing peak flow within the pipelines.

키 워 드 : 합류식 하수관거, 홍수, 첨두유량

Key words : Combined Storm Sewer, Flood, Peak Discharge

1. Introduction

1. 서 론

최근 상습적인 홍수피해의 발생이 끊이지 않고 있으며, 2020년 국내에서는 집중호우로 인하여 전국적으로 침수피해를 발생시켰다(Choe et. al, 2003). 본 과제는 홍수가 대구대학교 캠퍼스 공과대학 부지 내에서 어떤 영향을 주는지 분석하고 피해 가능성과 그에 따른 교내 하수관망 배치가 적절한지 판단하여 모의 치수 사업을 진행해 하수관로를 개량 및 확충 및 이를 통한 학생 및 직원들의 안전한 환경으로 개선하는 것을 목표로 설정하였다.

모델링을 통한 치수 사업을 통한 예상되는 사업효과는 다음과 같다. 첫째, 직접 편익으로 치수 사업으로 나타나는 수익지의 홍수피해 감소 효과를 통한 인명과 재산에 대한 침수피해 감소, 토사 매물 방지, 교내시설 및 구조물의 피해감소이며, 둘째 간접 편익으로 침수로 인해 피해가능 지역에 초래될 수 있는 손실감소와 수해예방, 대처 및 복구에 소요되는 비용의 절감으로 교내시설 사용 불가로 인한 파급효과, 교내 응급대책비

용 감소 및 교통두절에 의한 피해감소이다.

최근 우리나라에서 집중호우의 발생이 잦아지고 강우 강도가 증가하면서 우수관의 처리능력을 초과하는 경우에는 지정한 지형의 특성상 큰 고저차로 인해 홍수피해가 발생하게 되므로 이를 방지하기 위해 소하천과 인접하여 캠퍼스 내의 일부 구간을 설정하였다 (Fig.1)



* 대구대학교 건설시스템공학과 부교수

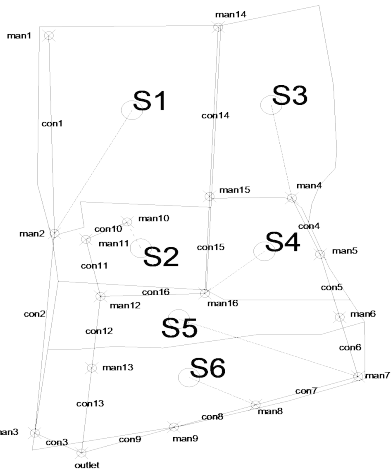


Figure 1. 대상 지역

2. 대상 지역 관리 기본 자료

과거 20년간의 월 평균강수량은 90.5 mm이다. 강수량 변화를 살펴보면 2002년 8월에 680.3 mm로 월 최대 강수량을 보였다. 2019년~2022년간 6월~8월간 강수량을 보면 점점 증가하는 추세이므로 이에 대한 대책이 필요하다. 대상 지역 총면적은 98,600.0 m²이며 건물(12,839.1 m², 13.02%), 주차장(3,528.9 m², 3.58%), 운동장(15,188.7 m², 15.40%), 도로(53,741.9 m², 54.50%), 녹지(13,301.6 m², 13.49%)로 구성되어 있다. 맨홀, 하수관거 및 불투수면적에 대한 정보는 네이버 툴 등을 이용 하여 산정된 값을 Table 1~3에 기술하였다.

Table 1. 맨홀 정보

맨홀 번호	고도(m)	맨홀 번호	고도
1	79.78	10	72.49
2	75.08	11	72.40
3	68.85	12	70.98
4	77.37	13	68.26
5	77.22	14	77.67
6	77.04	15	75.91
7	76.30	16	73.76
8	72.87	outlet	64.12
9	69.08		

Table 2. 하수관거 정보

관 번호	관 길이(m)	경사	관 번호	관 길이	경사
c1	187.6	0.018	c9	69.02	0.004
c2	190.44	0.008	c10	37.91	0.002
c3	43.47	0.002	c11	55.5	0.004
c4	58.39	0.003	c12	68.36	0.004
c5	61.88	0.003	c13	81.18	0.001
c6	58.46	0.002	c14	162.49	0.012
c7	90.02	0.003	c15	92.19	0.037
c8	71.69	1.521	c16	87.57	0.004

Table 3. 유역별 투수면적 및 불투수면적

유역번호	S1	S2	S3	S4	S5	S6
면적 (m ²)	27330.9	9802.2	17579.6	9524.5	12379.7	21092.0
투수면적 (m ²)	23360.1	1270.0	13414.9	755.7	1523.7	5933.3
불투수면적 (m ²)	3970.9	8532.2	4164.6	8768.8	10856.0	15158.7
Imperv (%)	14.5%	87.0%	23.7%	92.1%	87.7%	71.9%

본 과업 대상 지역인 경산시 진량읍 대구대학교 주변의 강우관측소를 조사한 결과 대구관측소와 영천관측소가 위치하고 있다. 대상 지역은 영천관측소의 관할이나 지속시간별 확률강우량을 분석하기 위해서는 장기간 양호한 강우 관측 기록이 필요하여 인근에 있는 기상청 관할 대구관측소의 강우량 자료를 이용하여 K-Prism을 이용하여 확률강우량을 산정하였다(Table 4).

Table 4. 강우관측소 정보 및 지역구분 번호

관측 소명	지점 코드	지역 코드	위도	경도	관측 기간	관할
대구	20121 143	11	128-39 -07	35-52 -41	56년	기상청

수공구조물의 설계에 있어서 가장 중요한 변수 중 하나는 확률강우량이다. 확률강우량을 산정함으로써 설계홍수량 및 설계 홍수위 등을 결정할 수 있다. 국가수자원관리종합정보시스템(Water Resources Managemnt Information System, WAMIS)에서 하수도 설계기준인 20년 강우빈도를 선택하고 지속시간은 5시간을 기준으로 확률강우량 114.3 mm를 산정하였다. 고정시간의 시강우량에 대해 연 최대치 또는 연 초과치 계열로 구성하여 수문학적 의미가 있는 지속시간별 확률강우량을 산정할 수 있도록 설계홍

수량 산정요령에서 고정시간 임의시간 환산계수를 제시하고 있는데 본 과업에서는 이를 적용하여 고정시간 자료를 임의 시간 자료로 환산하여 확률강우량을 산정한다. 본 과업에서는 환산계수를 고려한 임의시간 116.1 mm를 사용한다. 확률강우량도 개선 및 보안 연구에서는 단지 강우 분석만이 아니라 홍수량 산정 결과 등을 종합적으로 검토하여 3분위를 실무적 안전 측으로 제시하고 있으며 이와 같은 제안이 합리적이라 판단되므로 설계 강우의 시간 분포는 huff 분위 3분위를 채택하였으며 초과 확률은 50%를 사용하였다. 대상지역은 그림 1에서 보듯이 총 6개의 구간으로 구분되어 있으면 유역면적과 불투수 면적 자료는 Table 5와 같다.

Table 5. 구간별 면적 및 불투수 면적

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
면적(ha)	2.73	0.98	1.76	0.95	1.24	2.11
불투수면적(%)	14.5	87.0	23.7	92.1	87.7	71.9

3. 하수관거 설계 기준

우수배제에 관한 하수도계획은 국지성 집중호우를 고려하여 자연재해 발생 방지를 위한 우수배제와 대상지역의 우수배제와 관련 있는 하천, 농업용 배수로 및 기타 배수로 등과 함께 하수도를 포함한 종합적인 우수배제 계획을 수립한다. 또한 수로와 하수도, 펌프장 위주의 우수배제 계획 이외에도 기후변화와 도시화에 따른 유출량 증가에 대처하기 위해 가능한 한 도시 공공용지의 지하 공간 등을 이용한 하수 저류시설이나 배수터널 등 다양한 하수도계획을 수립한다. 우수관로에서는 해당 지역의 적합한 강우강도, 유출 계수 및 유역면적을 반영한 계획 우수량으로 한다. 이때 우수유출량의 산정은 합리식에 의하는 것이 원칙이지만 Storm Water Management Model(SWMM) (Huber and Dickinson, 1988; Rossman, 2009; Rosenzeig et al., 2011; Tillinghast et al., 2012; Wang and Yu, 2012) 모형을 이용한 우수유출 모형을 이용할 수도 있다.

하수의 배제는 분류식 하수도의 오접합 같은 기술적인 문제와 경제적인 문제, 기존 하수도의 여건, 방류수계의 수질보전 문제, 초기우수처리 시설 설치 필요성 등을 종합적으로 검토하여 방식을 결정하여야 한다. 유속은 저유속인 경우 관로 내 입자 물질 침전과 이로 인한 통수능 부족과 준설 등의 유지관리가 요구되고, 고유속인 경우 관로 손상, 내용연수 감소 등을 유발하므로

중력식인 경우 하류 방향 흐름에 따라 관경이 점차 커지고, 관로 경사는 점차 작아지도록 유속과 경사를 결정한다.

관로의 최소 흙 두께는 원칙적으로 1 m로 하나, 연결관, 노면 하중, 노반 두께 및 다른 매설물의 관계, 동결심도, 기타 도로점용 조건을 고려하여 적절한 흙 두께로 한다. 부득이하게 흙 두께가 적어지는 곳에 간선도로 및 윤하중 등에 의해 진동의 영향이 있는 경우는 관로의 안전성 검토, 고강도 관으로의 대체, 관로의 보강 또는 방호 공 등을 검토 적용하여야 한다.

우수관은 흙관을 사용해서 시공한다. 강화 플라스틱 복합관은 아직 시공 사례가 매우 적어 오랜 기간 사용해야 하는 우수 관으로 사용하기에 신뢰도가 부족하다. PC관은 중량이 무거워 운반비가 많이 지출될 뿐만 아니라 관 자체가 고가라서 경제적으로 비효율적이다. 흙관은 현장 관리가 불리하나, 가격이 저렴하여 경제성이 우수하다. 또한 중·소구경 관에 적합하기 때문에 더욱더 적합하고, 수밀성이 낮을 경우 수밀용 고무링을 사용하여 수밀성을 높일 수 있다. 흙관 이음에 사용되는 소켓 이음과 칼라 이음, 맞대기 연결이 적합하다. 설치된 우수관이 대구경이므로 소켓 이음은 사용할 수 없다. 시공이 용이하면서 경제성을 고려하고 수밀을 보장받으려면 맞대기 연결 사용한다.

4. 모의 결과 및 결론

지표의 경사가 급한 경우에는 ‘하수도시설기준(2011)’에서 원칙적으로 단차 접합 또는 계단 접합을 권장한다. 본 장에서는 단차접합을 사용하여 관의 경사를 줄여주고 이를 통해 유속을 줄인다. 2번 노선은 특히 경사가 급해서 맨홀 2개를 추가로 설치해 단차 접합의 효율을 더 높이도록 하였다. 우수유출량 저감 방법은 우수 저류형과 우수 침투형이 있는데 대상지역내 우수를 침투시킬만한 지역이 없으므로 이러한 특성을 고려해 우수저류형의 우수조정지를 설치하였다. 우수조정지의 구조형식은 댐식, 굴착식, 저하식, 현지 저류식이 있다. 대상 지역이 협소하여 저류할만한 토지가 없는 관계로 저하식을 선택해 지하에 건설한다. 저하식의 경우 펌프에 의한 배수가 일반적이나 대상 유역의 경사가 급하여 자연 유하가 가능하여 방류 방식은 자연 방류식을 선택하였다. 표6에서 보듯이 12시간 동안의 출구 유출량을 30분 간격으로 측정하여 나타낸 것이다. 유출량을 보면 강우시작 4시간에 침투 유출량 0.55 m³/s에 도달하였다. 표7에서 보듯이 모든 관로에서 관내 유속이 허용 기준(0.8 ~ 3

m/s)을 만족하고 있다.

Table 6. 30분 간격 하수 유출량

시간(시:분:초)	유출량(m ³ /s)	시간(시:분:초)	유출량(m ³ /s)
0:30:00	0	06:30:00	0.09
1:00:00	0.01	07:00:00	0.06
1:30:00	0.03	07:30:00	0.04
2:00:00	0.06	08:00:00	0.03
2:30:00	0.11	08:30:00	0.02
3:00:00	0.20	09:00:00	0.02
3:30:00	0.39	09:30:00	0.01
4:00:00	0.55	10:00:00	0.01
4:30:00	0.52	10:30:00	0.01
5:00:00	0.38	11:00:00	0.01
5:30:00	0.26	11:30:00	0.01
6:00:00	0.14	12:00:00	0.01

Table 7. 관별 유량, 유속 및 통수능 허용 용량

관 번호	유량(m ³ /s)	유속(m/s)	관내 수심(%)
1	0	0	0%
2	0.178	1.44	45%
3	0.178	2.55	29%
4	0.178	2.73	28%
5	0.124	1.04	44%
6	0.124	1.09	42%
7	0.214	1.74	45%
8	0.213	2.35	36%
9	0.213	1.49	51%
10	0.299	1.17	94%
11	0.299	1.73	59%
12	0.299	2.65	42%
13	0.071	1.02	29%
14	0.071	1.63	21%
15	0.139	2.08	29%
16	0.139	2.07	29%
17	0	0	0%
18	0	0	0%
19	0.069	1.2	26%

Fig 2는 우수관로의 개선 전과 개선 후의 유출곡선을 비교한 것이다. 침투 유량을 비교했을 때 0.69 m³/s에서 0.55 m³/s로 줄었는데 이는 20%가량 줄어든 것이다. 즉, 총

유출량은 변하지 않았지만, 우수지로 인한 유출량 감소되는 효과를 보여주었다.

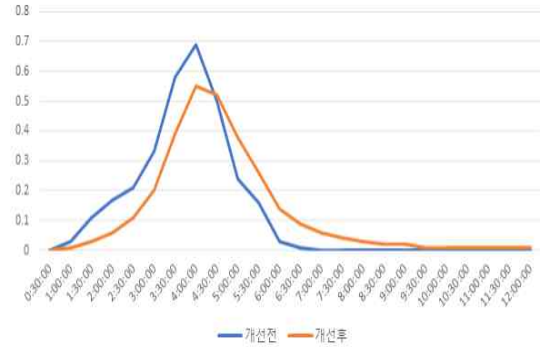


Figure 2. 우수지 설치에 따른 유출량 감소

References

Choi, S., Jun, H., Lee, D., Hwang, S., Park, J.(2023) Development of a Simple Design Method for an Infiltration Facility using Curve Number, Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, 23(4), 43-52

Huber, W.C., and Dickson, R.E. 1988. Storm Water Management Model User's Manual, Version 4, EPA/600/3-88/001, Environmental Protection Agency, Athens, GS.

Rosenzweig, B.R., Simith, J.A., Baekc, M.L., and Jaffe, P.R. 2011. Monitoring Nitrogen Loading and Retention in an Urban Stormwater Detention Pond, Journal of Environmental Quality. 40(2), 598-609

Rossman, L.A. 2009. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. EPA/600/R-05/040, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH.

Tillinghast, E.D., Jennings, G.D., and D'Arconte, P. 2012. Increasing Stream Geomorphic Stability Using Storm Water

Control Measures in a Densely Urbanized Watershed. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(2), 1381-1388

Wang, L. Yu. J. 2012. Modelling Detention Basins Measured from High-resolution Light Detention and Ranging Data. *Hydrological Processes* 26(19), 2973-2984

