

SWMM을 이용한 물막이 판에 따른 청계천 유역의 내수침수 분석

A Analysis of the Interior Flood Waters according to the Wash Board in Cheonggye stream using SWMM

조배군*, 배덕효**, 윤성심***, 트란안푸엥****

Jo Bae-Goon, Bae Deg-Hyo , Yoon Seong-Sim , Phuong Tranh-An

요 지

본 연구에서는 청계천 물막이판 설치로 인한 유역의 내수침수 영향을 분석하고자 한다. 따라서 강우시 청계천 유역내 수문열림으로 인한 양안의 복개박스과 하천 본류간의 유출거동 모의가 필요하며, 이를 위해 청계천 수문을 SWMM 모형의 위어 조건으로 고려하여 박스와 연결된 관망의 유출량을 지점별로 모의 할 수 있도록 하였다. 실제 역류가 발생한 2009년 호우사상을 대상으로 물막이판 설치 전·후에 따른 청계천 본류와 양안 박스의 흐름 및 내수 침수의 영향을 분석한 결과 월류 발생 여부 및 지속시간의 경우 설치 전·후 동일하였으나 최대월류량 및 총 월류량은 설치 후 높게 산정된 것으로 나타났다. 이는 관거의 통수능 부족과 물막이판 설치로 인한 박스 내 수위 상승에 의한 것으로 판단된다. 향후 실제월류 발생 사상의 추가적인 모의를 통해 물막이판 설치 영향을 구체적으로 평가하고자 하며, 박스 내 수위 조절이 가능한 물막이판을 설치함으로써 최적 물막이판 운영방안을 도출하고자 한다.

핵심용어 : SWMM, 청계천 내수침수, 물막이판, 위어

1. 서 론

청계천 유역은 지리적 특성상 지반고가 낮은 저지대에 위치하고 있으며, 도시화로 인한 불투수 면적과 침투유량의 증가 및 도달시간의 단축으로 인하여 홍수피해가 빈번히 발생되어왔다. 이에 서울시에서는 2005년 기존의 복개된 하도를 복원시키고 하천양안에 도시하수, 우수처리 및 홍수조절을 위한 명목으로 수문열림이 고려된 복개박스를 설치하였다. 그러나 2009년 집중호우로 인해 내수침수를 겪은바 있으며, 이는 100년 빈도로 설계된 유역내 관망의 통수능 부족이 주요원인이라 할 수 있겠으나 강우시 초기 오염물질의 유입을 막기 위해 설치된 물막이판(2008, 청계천 하천모니터링 연구용역 연구보고서)의 영향도 거론되고 있다.

이에 본 연구는 물막이판에 의한 내수침수 영향을 분석하고, 최적의 물막이판 운영방안을 도출하고자 하였다. 이를 위해서 청계천 유역에 기 구축된 SWMM 모델에(2007, 청계천 하천모니터링

* 정회원· 세종대학교 토목환경공학부· 석사과정· E-mail: backkoom@daum.com - 발표자

** 정회원· 세종대학교 물자원연구소· 토목환경공학과 교수· 공학박사· E-mail: dhbae@sejong.ac.kr

*** 정회원· 세종대학교 토목환경공학부· 박사과정· E-mail: lome970303@paran.com

**** 정회원· 세종대학교 토목환경공학부· 석사과정· E-mail: tranhanpoung@yahoo.com

연구용역 연구보고서) Weir 조건을 고려하여 박스와 연결된 관망의 유출량을 지점별로 모의할 수 있도록 하였으며, Weir 높이를 조절하여 물막이판 설치 전·후 상황을 모의하였다. 이를 통하여 물막이판 설치 전·후의 흐름특성 및 월류량에 대한 분석을 실시하며, 실제 월류가 발생된 사상을 모의함으로써 원인 분석 및 월류 발생 지점에 대한 오차 발생 원인을 분석하고자 하며, 또한 물막이판의 최적 운영방안을 제시 하고자 한다.

2. 청계천 내수침수 분석

2.1 청계천 유역의 SWMM 구축

수문 물막이판으로 인해 발생 가능한 내수침수 영향을 SWMM모형의 1차원 흐름해석을 통해 수문 및 물막이판의 최적 운영방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 청계천 유역에 구축된 SWMM 모델에 위어조건을 추가하여 물막이판에 의한 영향을 모의하고자 하였다. 그림 1과 같이 SWMM 모형의 위어 조건으로 구성하여 절점간의 유출량 분기를 모의할 수 있도록 모델을 구성하였으며, 청계천 유역내 강우시 수문열림으로 인해 발생하는 양안 복개박스과 하천 본류간의 유출거동 분석을 위해 청계천 양안 박스에 위치한 수문정보를 수집하였다.

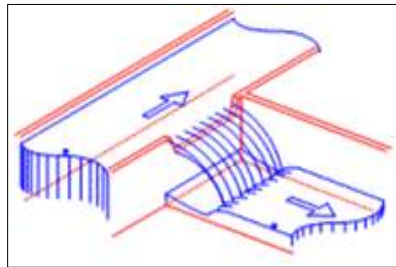


그림 1. Side flow weir 모형 (2009, 청계천 하천모니터링 연구용역 연구보고서)

청계천 양안 박스의 수문정보는 2, 3공구에 총 29개소 99개의 수문이 설치되어 있는 것으로 조사 되었다(2006, 청계천 하천모니터링 연구용역 연구보고서). 그러나 SWMM 모형의 위어 구성시 인근위치에 설치된 수문을 단일수문으로 보고 29개의 위어로 SWMM모형을 구축하였다. 또한 위어를 고려한 SWMM 모형을 실제 4개의 호우사상을 대상으로 매개변수 최적화를 수행하였으며, Weir를 고려한 청계천유역의 SWMM 구축 현황은 그림 2와 같다.

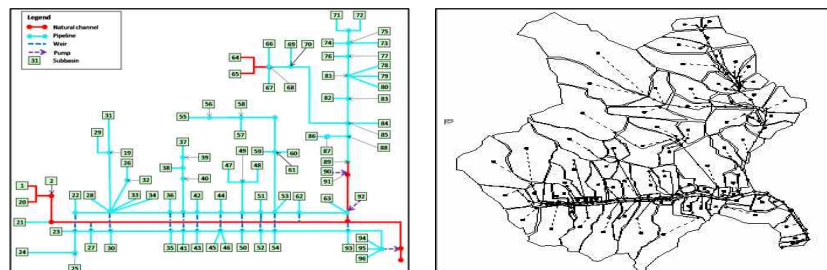
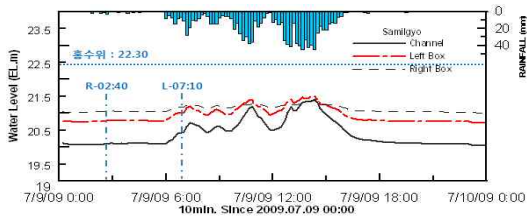


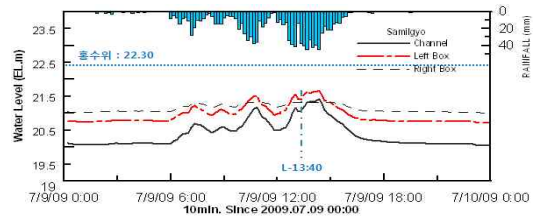
그림 2. Weir를 고려한 청계천 유역의 SWMM 구축

2.2 물막이판 설치전·후 흐름특성분석

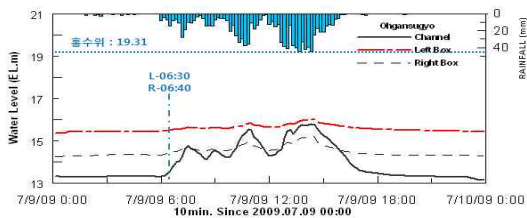
수문을 고려하여 구축된 청계천 SWMM을 이용하여 실제 오수관 역류가 발생한 호우사상을 대상으로 물막이판의 영향을 평가하고자 하였다. 이에 2009년 7월 9일 호우사상을 대상으로 물막이판 설치 전후의 영향을 평가하였다. 청계천 박스 내 물막이판 설치 전·후 상황을 모의하기위해 위어 높이를 50cm 증가시키는 것으로 가정하였다. 물막이판 설치 전·후에 대한 SWMM 모형의 해석결과는 다음 그림 3 ~ 그림 4와 같다. 물막이판 설치 전·후 삼일교, 오간수교, 무학교의 수심 변화 추세는 유사하나, 물막이판 설치 후 삼일교, 오간수교, 무학교의 경우 수문열림이 지연되어 발생됨을 볼 수 있었다. 또한 각 지점별로 수문이 열리기 전까지 좌·우안 박스와 본류의 수위차가 존재하나 이후 수문열림으로 인해 박스와 본류의 유량이 교환되면서 박스 내부와 본류의 수위가 동일하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 다만 오간수교의 경우 좌안 박스 수위가 본류 수위보다 지속적으로 크게 나타나는데 이는 오간수교 박스 관망의 하상고가 본류의 하상고 보다 높기 때문에 나타나는 현상이라 판단된다.



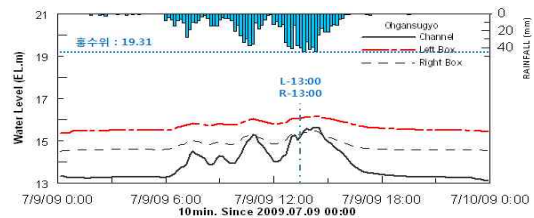
(a) 삼일교



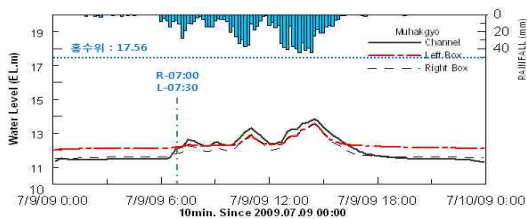
(a) 삼일교



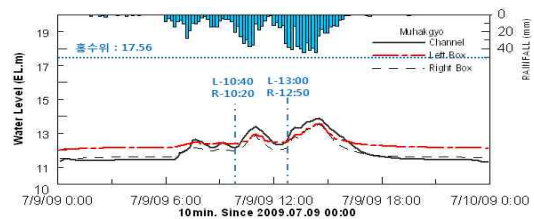
(b) 오간수교



(b) 오간수교



(c) 무학교



(c) 무학교

그림 3. 물막이판 고려전 모의수위

그림 4. 물막이판 고려후 모의수위

2.3 물막이판 설치전·후 내수침수분석

물막이판 설치 전의 SWMM 해석을 통해 모의된 월류량 발생 지점 현황은 그림 5 ~ 그림 6과 같다. 월류 발생 원인을 파악하기 위해 관 월류량 발생지점과 연계관망을 고려하여 분석하였다. 월류량 발생의 주요원인은 관망의 설계빈도 한계로 인한 내수배제 불량에 기인한 것으로 사료된다. 또한 실제 월류가 발생한 지점은 SWMM 모의 결과 월류량이 발생하지 않았다. 이는 실제

역류 발생지점이 보안상의 이유로 인하여 관망구축이 불가능 하였다. 따라서 현재 구축되어있는 SWMM 모형을 통해 해당지역의 월류 발생 현상을 규명하는 것은 다소 무리가 있는 것으로 판단 된다.

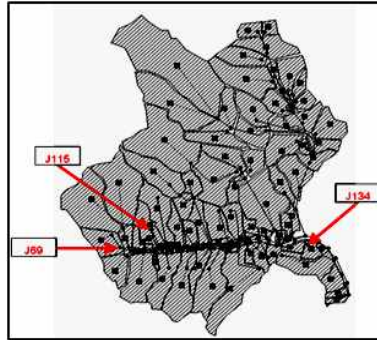


그림 5. 월류 발생지점

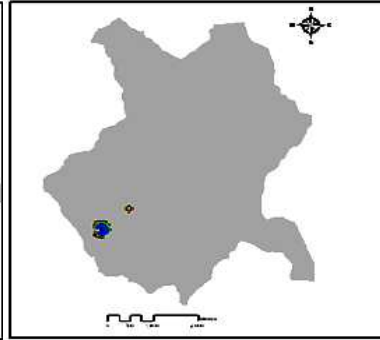


그림 6. 최대 침수심도

물막이관 설치전·후의 SWMM 해석을 통해 모의된 월류량 발생 현황은 다음 표 1 ~ 표 2와 같다. 물막이관 설치전·후의 월류량을 분석한 결과 J115 지점과 J134지점의 경우 최대월류량이 0.07cms 증가하였다. 그 원인은 물막이관의 영향으로 증가한 박스내의 수심과 동수경사선의 증가가 월류 발생 지점의 관 및 맨홀 수심의 증가에 영향을 미쳤다고 판단된다. 다만 J69지점의 경우 박스내 수심 증가로 인한 동수경사선의 변화가 박스와 연결된 J71 지점의 맨홀과 관에 한하여 영향을 주어 직접적인 월류량 증가에 대한 물막이관의 영향은 미비하다고 사료된다. 이상의 분석결과 월류발생의 직접적인 원인은 월류 발생 절점의 관거 용량의 한계로 인한 것으로 나타났으며, 간접적인 원인은 물막이관이 설치됨에 따라 박스 내 수위상승에 의해 월류량이 증가한 것으로 사료된다.

표 1. 물막이관 설치전의 SWMM 모의월류량

발생지점	월류발생 지속시간	최대월류량 (cms)	최대월류량 발생시간	총월류량 (10 ⁶ L)	연계관망
J69	3.30	7.467	14:19	45.757	J69->J25->J68->J57
J115	1.05	1.426	14:20	3.428	J115->J116->L73_31
J134	1.73	1.745	14:20	5.560	J134->J91

표 2. 물막이관 설치 후의 SWMM 모의월류량

발생지점	월류발생 지속시간	최대월류량 (cms)	최대월류량 발생시간	총월류량 (10 ⁶ L)	연계관망
J69	3.30	7.474	14:20	45.760	J69->J25->J68->J57
J115	1.05	1.496	14:20	3.434	J115->J116->L73_31
J134	1.73	1.752	14:20	5.511	J134->J91

다만 본 연구에서는 2009년 7월 9일 사상이 실제 오수관의 역류현상이 발생한 호우사상으로서 청계천 박스 및 물막이판의 영향을 모의하기에 적절하다고 판단하였으나, 앞서 언급한바와 같이 실제 역류발생지점의 관망구축 한계로 인해 해당지점에서 역류는 모의되지 않았다. 현재 구축할 수 있는 관망을 최대한 고려하여 모의한 결과, 인접지역(약 540m 거리)에 역류가 발생하는 것으로 모의 되었다. 따라서 물막이판의 내수침수 영향을 판단하기 위해서는 실제 월류가 발생한 사상에 대한 추가적인 모의를 통해 월류 영향 결과의 제시가 필요할 것이라 사료된다.

3. 결 론

수문을 고려하여 구축된 청계천 SWMM을 이용하여 실제 오수관 역류가 발생한 호우사상인 2009년 7월 9일 사상을 대상으로 청계천 본류 및 양안 박스의 흐름 및 내수침수에 미치는 물막이판의 영향을 평가하였다. 물막이판 설치 전·후 삼일교, 오간수교, 무학교의 수심변화추세는 유사하나, 물막이판 설치 후 수문열림 시간이 다소 지연되어 발생함을 볼 수 있었다. 물막이판 설치 전·후의 SWMM 모의를 통해 산정된 월류량 발생현황을 분석한 결과, 물막이판 설치 후 J69에서의 최대월류량이 0.01cms 증가하고 J115와 J134에서는 0.07cms 증가하였으며 추가로 월류가 발생한 지점은 존재하지 않았다. J115, J134 지점의 월류량 증가 원인을 분석한 결과 물막이판의 영향으로 박스내 수심과 동수경사선의 증가를 발생시켰으며, 이로 인하여 월류발생 지점의 관 및 맨홀 수심이 증가한 것으로 판단된다. 다만 J69 지점의 경우 앞의(J115, J134) 경우와는 다르게 월류발생 절점의 관거 용량의 한계로 인한 것임을 확인할 수 있었다. 이를 고려하여 수문 및 물막이판의 최적위치 및 크기의 적절성 등을 검토하여야 할 것이며, 물막이 판에 따른 내수침수의 영향과 강우시 하도내 초기오염물질의 유입을 최소화할 수 있도록 자동회전 및 조절 가능한 고정식 물막이판의 설치를 통한 최적 운영방안이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 서울특별시 시설관리공단(2006). 청계천 하천 모니터링 연구용역 연구보고서.
2. 서울특별시 시설관리공단(2007). 청계천 하천 모니터링 연구용역 연구보고서.
3. 서울특별시 시설관리공단(2008). 청계천 하천 모니터링 연구용역 연구보고서.
4. 서울특별시 시설관리공단(2009). 청계천 하천 모니터링 연구용역 연구보고서.