

# 호우재해저감 대책 수립 시 홍수량 산정에 대한 고찰

금호준, 주재승, 이보람, 김예림, 이훈석, 김학수  
국립재난안전연구원 도시홍수연구팀  
e-mail:hojunkeum@korea.kr

## A Consideration of Estimation of the Flood Discharge for Disaster Mitigation

Ho-Jun Keum, Jae-Seung Joo, Bo-Ram Lee, Ye-Rim Kim, Hoon-Seok Lee, Hak-Soo Kim  
National Disaster Management Research Institute

### 요약

도시유역과 전원유역의 유출특성은 서로 상이하다. 이로 인해, 국내 주요 설계기준에서는 홍수량 산정 시 전원유역에는 전원유역 유출모형을 도시유역에는 도시유역 유출모형 사용을 권고하고 있다. 재해영향평가등의 협의 실무지침에서도 유역을 구분하여 모형을 선택하도록 기술하고 있다. 그러나 전원유역과 도시유역이 공존하는 복합유역의 경우 개발 전 후에 대해 동일 모형 사용만을 제시하고 있어 사업자의 임의적 판단에 따라 홍수량 산정모형이 선택되어 활용되고 있다. 본 연구에서는 설계 기준상 불확실한 기준이 재해영향평가에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이를 위해서 실측자료를 활용하여 모형별 매개변수를 최적화하고, 정확성을 평가한 다음 하류부의 통수능 검토 유무에 따라 호우재해저감대책 평가 결과를 비교하였다. 본 연구를 통해 유출해석모형에 대한 수문학적 해석결과의 정확성을 평가하고 불명확한 홍수량 산정기준을 보완함으로써 호우재해저감대책 평가의 신뢰성을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

국내에서는 도시화와 같은 인위적 개발에 따른 풍수해 피해를 저감시키기 위해 개발에 따르는 재해영향요인을 개발 사업 시행 이전에 예측·분석하고 적절한 저감대책안을 수립·시행하도록 하고 있다[1]. 이를 위한 재해영향평가등의 협의 실무지침[2]에서는 개발 전·후 단계의 홍수량 산정을 위해 전원유역과 도시유역에 각각 단위도법과 SWMM 모형을 적용하도록 하고 있으며 전원과 도시유역이 혼재되어 있는 복합유역에 대해서는 모형의 상의성에 대한 오류를 제어하기 위해 사업자가 하나의 모형을 선정하여 홍수량을 산정하도록 제안하고 있다. 다시 말해, 복합유역에 대해서는 홍수량 산정모형의 선택 방법을 제시하고 있을 뿐, 선택 기준이 명확하지 않아 사업자의 임의적 판단에 따라 선택되고 있으며, 전원 혹은 도시유역모형 중 어떤 유형의 모형을 적용하여 홍수량을 산정하느냐에 따라 호우재해 저감대책의 적절성 여부가 다르게 판단되는 사례도 발생하고 있다. 이러한 홍수량 산정모형 선택방법의 불확실성은 재해영향평가등의 업무 실무지침뿐만 아니라 국내 주요 설계기준 ([3], [4])에서도 찾아볼 수 있으며, 홍수량 산정모형 선택방법의 기준을 제시하기 위해서는 실측자료를 활용하여 복합유역에서 전원 및 도시유역모형의 정확성을 정량적으로 평

가하고 모형의 정확성이 재해영향평가 결과와 저감대책 수립에 미치는 영향을 검토해 볼 필요가 있다.

이와 더불어 재해영향평가 시, 기존 배수체계 상류지역(전원유역)을 개발할 경우에 사업지구 말단부에 접합되는 배수시설물(우수관거)에 대한 통수능 영향분석이 필요하나, 현재 단순 권고사항으로 사업자가 임의적으로 하류부 통수능 검토 여부를 선택하고 있다. 이와 같은 단순 권고로 인해 개발 후 단계에서 산정된 상류 배수량이 하류 기존 배수체계와 연계한 재해영향평가를 생략되는 사례가 빈번히 발생하는 등 하류지역에서 발생할 수 있는 피해에 대한 정확한 분석이 이루어지지 않고 있다. 또한, 상류지역에서 하류지역으로 연결되는 배수관거의 통수능 검토 유무에 따라 호우재해 저감대책 결과가 서로 상이하게 나타날 수 있어 재해저감대책 평가의 일관성을 유지하기 위한 보완이 필요하다.

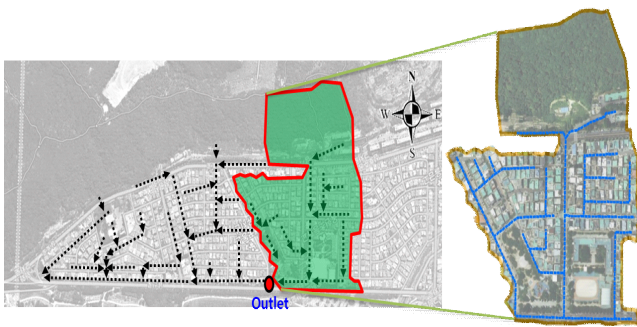
### 2. 연구방법 및 적용모형

복합유역에 대한 홍수량 산정모형의 정확성을 평가하기 위해 도시 수문 모니터링 시범유역(159,937m<sup>2</sup>)을 구축하였고, 시범유역 내 기상관측지점 1개소와 우수유출 관측지점 1개소(유역출구)를 설치하였다. 홍수량 산정모형은 Clark 단위도법과 미 환경보존국의 지원으로 개발된 최신의 SWMM

모형을 적용하였다. 모니터링 지점에서 실측된 강우-유출량 데이터를 이용하여 모형별 매개변수를 검·보정한 후 모형평가지표로 모형의 정확성을 평가하였다. 또한, 보정된 모형을 이용하여 배수구역 하류부에 접합되는 우수관거의 통수능 영향을 검토하였다. 배수구역 하류부 통수능을 검토함에 있어 상류지역에서 가상 개발 시나리오를 적용하였으며, 개발에 따른 호우저감대책을 반영하여 개발 전·후에 대한 침투홍수량을 모형별로 산정하고, 하류부 우수관거 통수능 영향검토 유무가 호우저해 저감대책 평가 결과에 미치는 영향을 분석하였다.

### 3. 대상구역 및 모형구축

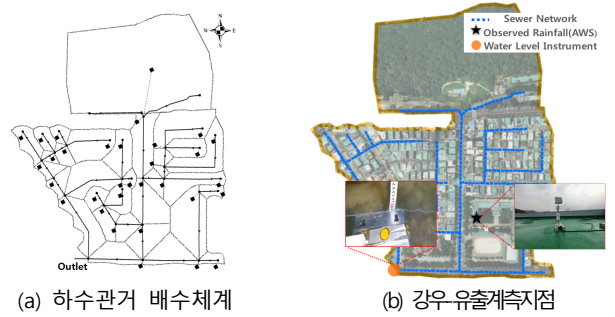
울산 태화강 삼호동 일부 지역을 대상구역으로 선정하였다. 울산 태화강 유역은 전체 유역면적의 약 52%가 불투수면적으로 구성되어 있다. 시범구역으로 선정된 삼호동 지역은 도시화에 따른 유역 불투수면적비의 증가로 유역의 건전성이 악화되어 도시침수 및 홍수, 하천 건전화, 수질악화 등과 같은 현상이 발생하고 있다[5]. 대상유역을 포함하는 삼호동 지구([그림 1])는 태화강 하류에 위치하고 있으며, 유역면적은 약 627,000m<sup>2</sup>이다. 삼호동 지구는 주택, 공원, 학교, 주차장 등으로 구성된 인구 밀집지역과 유역 상류의 배후산지로 구분된다. 대상구역으로 선정된 삼호동 일부 지역의 유역면적은 159,937m<sup>2</sup>로 삼호동 배수구역의 중간에 위치한다. 대상구역 내 공간정보를 분석을 위해 국립지리정보원에서 제공하는 1:1,000 수치지형도를 사용하였고, 지형정보시스템(GIS) 소프트웨어를 활용하여 수치표고모델(DEM)을 작성하고 유역경사정보를 추출하였다.



[그림 1] 연구대상지역(삼호동 배수구역)

울산시 남구청 건설과에서 제공받은 하수관망도를 이용하여 SWMM 모형 입력자료들을 구축하였다. 대상유역의 공간적 특성을 반영하여 32개의 소유역, 35개의 하수관거, 36개의 맨홀로 구성하였고([그림 2]), 침투량 산정에는 Horton 방식을 적용하였다. 대상유역 내 설치되어 있는 강우관측소 자료를 사용하였고, 유출 모니터링 지점은 유역경계와 배수계통도를 고려하여 복합유역의 특성이 잘 드러나는 최종출구 지점을 선정하여 유량계를 설치하고 유출량 자료를

취득하였다.

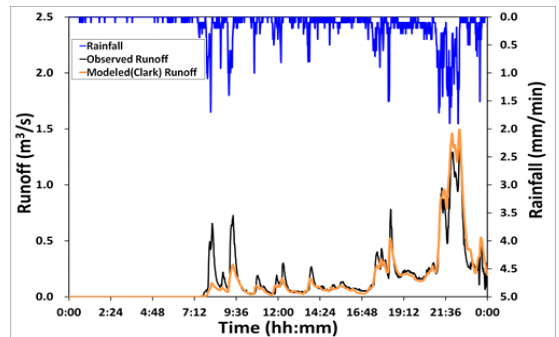


[그림 2] 대상구역 내 배수체계 및 강우-유출 계측지점

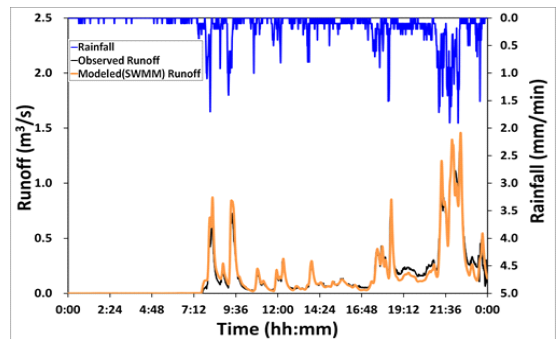
### 4. 연구결과

#### 4.1 모형 정확성 평가

매개변수 추정과정에서 발생할 수 있는 주관적 요소를 제거하고, 정확한 모형 평가를 위해 자동보정기법으로 Clark 단위도법과 SWMM 모형의 매개변수를 보정하였다. 2019년 10월 2일 00시부터 24시까지 1분 단위 관측 강우 및 유출량 자료를 이용하였다. 보정을 위해 선택된 강우유출사상의 총 누적강우량은 206.9mm이고, 누적유출량 및 침투유출량은 각각 230.28m<sup>3</sup>/s와 1.35m<sup>3</sup>/s이다. 모형평가지표(NSE, PBIAS(%), RSR)로 모형의 정확성을 평가하였다. Clark 단위도법과 SWMM 모형의 모형보정 결과는 [그림 3~4]에 도시하였다.



[그림 3] 모형 보정에 따른 유출수문곡선(Clark 단위도법)



[그림 4] 모형 보정에 따른 유출수문곡선(SWMM)

Clark 단위도법에서 계산된 누적유출량은 223.71m<sup>3</sup>/s, 침투유출량은 1.5m<sup>3</sup>/s으로 실측치에 비해 누적유출량은 3%(실측값 230.28m<sup>3</sup>/s) 작은 반면, 침투유출량은 약11%(실측값

1.35m<sup>3</sup>/s) 크게 평가되었다. SWMM 모형에서 모의된 누적 유출량은 227.06m<sup>3</sup>/s(실측값 230.28m<sup>3</sup>/s)이고 침투유출량은 1.46m<sup>3</sup>/s이었으며 실측치에 비해 누적유출량은 1% 작았으며 침투유출량은 약 8%(실측값 1.35m<sup>3</sup>/s) 크게 평가되었다. 모형평가지표에서는 Clark 단위도법과 SWMM 모형 모두에서 전반적으로 양호한 모형 성능값을 보였다.

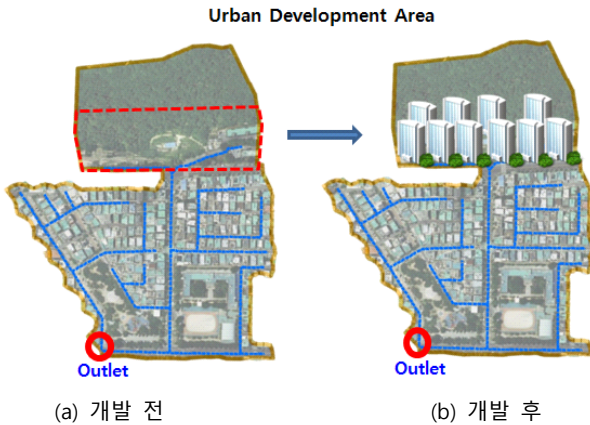
#### 4.2 유역 하류부 접합지점 통수능 평가

재해영향평가등의 협의 실무지침에서는 재해영향저감대책 수립 및 저감방안을 반영하도록 명시하고 있다. 그러나 저감된 침투홍수량과 기존 배수 관거와의 연계에 대한 검토 부분이 권고사항으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 기존 배수체계 상류지역 개발 시, 기존 배수관거를 연계한 재해영향평가를 검토하였다. 침투홍수량 산정을 위해서 매개변수를 검·보정한 Clark 단위도법과 SWMM 모형을 적용하였다. 개발시나리오 구성은 유역의 상류부인 전원유역의 면적 55,621.5m<sup>2</sup>중 68.2%에 해당하는 37,894.1m<sup>2</sup>에 아파트 단지가 조성된다고 가정하였다([그림 5]). 아파트 단지 면적을 제외한 17,727.4m<sup>2</sup>은 초지로 구성하였다. 개발에 의한 침투홍수량을 저감하기 위해 아파트 단지 내에는 공원 2개소를 조성하였으며, 총 공원 면적은 4,328.9m<sup>2</sup>로 조성하였다. 이는 아파트 단지면적의 약 11.4%(37,894.1m<sup>2</sup>)에 해당한다. 개발 전·후 시나리오를 반영하여 모형 입력자료를 구성하였다.

30년 빈도의 침투홍수량 1.44m<sup>3</sup>/s은 이론상 전량 배수 가능하나, SWMM 모형에 의해 산정된 침투홍수량 3.13m<sup>3</sup>/s은 관로유량을 초과하여 통수능이 부족한 것으로 분석되었다. 이처럼, 하류부 통수능 검토 유무에 따라서 재해영향평가 결과가 상이하게 나올 수 있으므로 이를 보완하기 위해서는 재해영향평가 시 개발지역 하류부의 통수능 영향분석을 의무적으로 시행하는 것을 검토해 볼 필요성이 있다.

#### 참고문헌

- [1] 강상준, 정주철, 이달별, “한국의 사전재해영향성검토 제도운영 개선방안 연구”, 한국방재학회논문집, 제141권 5호, pp. 395-406, 10월, 2014년.
- [2] 행정안전부, “재해영향평가등의 협의 실무지침”, 2019년.
- [3] 행정안전부, 국립재난안전연구원, “소하천설계기준”, 2018년.
- [4] 환경부, “하수도 설계기준”, 2017년.
- [5] 국립재난안전연구원, “강우시물레이터를 활용한 도시침수 피해저감기술 개발(II)”, 12월, 2019년.



[그림 5] 상류지역 개발시나리오

본 연구유역은 상류지역의 홍수량이 하류부 하수관거로 바로 접합되기 때문에 통수능에 대한 검토를 실시하여 하류부 영향 검토 유무에 대한 결과를 비교하였다. 하수관거 직경(1,200mm), 하수관거 평균경사(0.0087), 관거면적(1.13m<sup>2</sup>), 조도계수(0.013), 유속(3.22m/s)을 이용하여 Manning 공식으로 하수관거 관로유량을 산정하였고, 여유율 80%를 고려하였을 때, 2.91m<sup>3</sup>/s를 최대 통수능으로 설정하였다. 하수관거의 최대 통수능 2.91m<sup>3</sup>/s을 기준으로 모형별 침투홍수량을 비교했을 때, Clark 단위도법에서 산정된