

합리적 동수위 계산을 통한 최적 배수관로 설계

Optimal Design of Storm Sewer by Computations of Feasible Hydraulic Gradient Line

유희상*, 김문모**, 안원식***

Heesang Yoo, Munmo Kim, Wonsik Ahn

요 지

최근 빈발하는 국지성 호우나 태풍에 의한 집중호우로 도시지역의 내배수불량으로 인하여 저지대 및 지하공간의 침수현상이 빈번히 야기하고 있는 실정이다. 특히 연안이나 외수위의 영향으로 강제배수가 요구되는 지역인 경우에는 개발에 앞서 선결해야할 중요한 재해저감대책 중의 하나이다. 이에 본 연구에서는 연안의 해수면 및 하천 홍수위로 인한 계획단지 내 배수관로의 동수위 산정을 위한 유출모의를 수행하였다. 연안 저지대의 순성토 지역인 경우 동수위 계산에 따른 성토량에 의한 비용이 전체 공사비 결정 요인의 가장 큰 부분을 차지하고 있으므로 이에 따른 경제적이면서 치수안전도를 증가시킬 수 있는 계산 방법을 정립하는 것은 선결되어야 할 문제이다. 이를 위해 도시유역에 범용적으로 사용되고 있는 SWMM 모형을 활용하였다. SWMM 모형 중에서 EXTRAN 블록을 통한 유출모의는 관거내 동수경사를 계산하여 배수, 역류, 압력류, 월류까지도 모의할 수 있다. 다양한 조건으로 배수관로의 설계를 통한 동수위와 성토고를 분석하여 조건별 경제성과 치수안전도를 검토할 수 있으나 관로 크기, 경사, 방향 등을 우선하여 변경해가면서 최적안을 확인하였다. 검토된 계산 절차에 따라서 향후 지형적으로 유사한 지역에서의 배수시스템 설계에 적용 및 기존 배수관망 재설계 및 확장 등의 검토에 효과적으로 적용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 외수위, 동수위, SWMM, 배수관망

1. 서 론

파주시는 최근 다양한 호우로 인해서 피해가 반복적으로 발생한 일부지역을 재해위험지구로 구분하여 홍수피해 저감을 위한 항구복구 대책사업을 실시하고 있다. 특히 빗물펌프장의 신설 및 증설을 통하여 내수침수에 의한 홍수피해를 대폭 감소시키는 실효를 거두고 있다. 따라서 본 연구에서는 파주시 문산 및 선유3리 배수펌프장 유역을 선정하여 2003년 주요호우사상에 대한 유출특성을 분석하고, 배수펌프장의 유무에 따른 배수관거의 통수능 및 침수가능성을 분석하고자 한다. 이를 위하여 관거내 수면을 계산하고 배수, 역류, 압력류, 월류까지도 모의할 수 있는 SWMM 유출해석모형을 사용하였다. SWMM을 이용한 기존의 대부분의 연구는 모형의 적용성, 매개변수 검

* 정회원 · 수원대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : ryuhss@hanmail.net
** 정회원 · 신구대학교 토목공학과 교수 · E-mail : munmo310@shingu.ac.kr
*** 정회원 · 수원대학교 토목공학과 교수 · E-mail : wsan@suwon.ac.kr

정 등의 유출해석에 초점을 둔 연구(심 호, 1996; 허준행 등, 1997; 이종태, 1998)가 대부분이다. 그러나 본 연구에서는 유출량 산정 보다는 관거내 역류, 압력류, 월류 등을 모의하여 내수침수가능성 분석에 주안점을 뒀으로써 SWMM의 활용성을 더 보이하고자 하였다.

2. 분석구역의 선정

과거 재해이력을 바탕으로 도시수방구조물의 설치에 따른 홍수재해 저감 효과를 분석하기 위해서 임진강, 곡릉천, 문산천, 동문천 등으로 둘러싸여 주변이 대체적으로 저지대인 과주시 일부지역을 선정하였다. 특히 이 지역은 빗물펌프장의 신설 및 증설을 통하여 내수침수에 의한 홍수피해를 대폭 감소시키는 효과를 거두고 있다. 이에 본 연구에서는 시가지 밀집지역이고 외수위의 영향이 심한 문산 배수펌프장 유역과 2000년에 신설된 선유3 배수펌프장 유역을 선정하여 2003년도 주요 호우사상에 대한 내배수시스템의 유출특성 및 배수펌프장의 효능을 분석하였다. 각각의 배수펌프장 유역도 및 개략적인 배수관망도를 그림 1과 그림 2에 제시하였다.

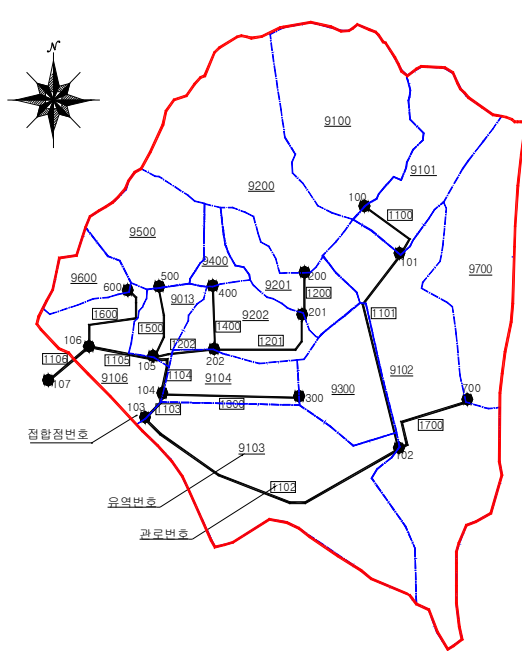


그림 1. 문산 배수펌프장 유역도

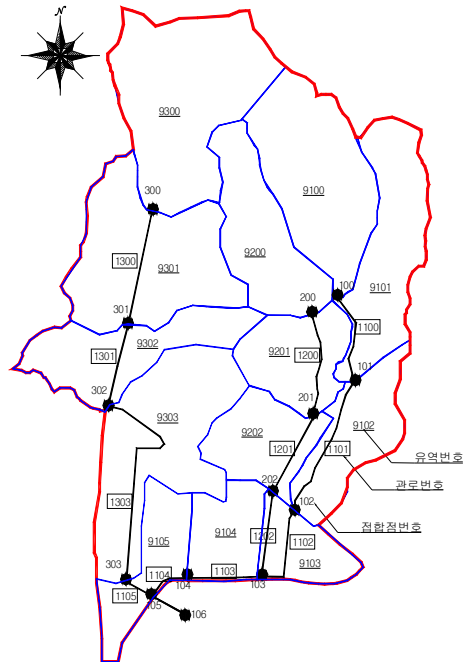


그림 2. 선유3 배수펌프장 유역도

3. 홍수유출량 산정 및 관거 해석

3.1 유출해석 모형의 선정

도시유역의 유출을 정량적으로 모의하고 관거내 수면형 및 배수, 역류, 압력류 등을 계산하기 위하여 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 SWMM(Storm Water Management Model)을 선정하였다. 특히, SWMM의 여러 실행블록 중에서 지표면유출을 위해서는 RUNOFF 블록, 관거에서는 EXTRAN 블록을 사용하였다. RUNOFF 블록에서는 유역을 비선형저수지로 가정하여 연속방정식과 Manning공식에 의해 지표면 유출량이 계산된다. 그리고, EXTRAN 블록에서는 관거내 유량과 수심을 계산하기 위해 Dynamic 방정식에 의하여 흐름을 추적하며, 비정상 연속방정식과 St. Venant 식이 기본방정식으로 사용된다.

3.2 기본 자료의 수집

2003년 8월 6일 ~ 8월 7일 집중호우(과주시 최대강우강도 57mm/hr)기간동안 읍면 강우량 자료 및 배수펌프장 동문천, 문산천 등의 외수위 자료를 과주시 재해대책본부로부터 수집하였다. 유출 분석을 수행함에 앞서 과주시에서 최근에 작성한 1:500의 지형도 및 하수도 관리대장을 바탕으로 SWMM의 입력자료인 유역정보 및 배수관망자료를 구축하였다. 침투유출량 및 도달시간 등의 유출모형의 매개변수를 검정하지 않고 유역의 지형학적 조건을 바탕으로 매개변수를 산정하여 유출 분석을 수행하였다.

4. 내수침수 저감 효과 분석

배수펌프장 유무에 따라 대상유역의 유출특성을 분석하여 강우로 인해 유역내 발생하는 유출량을 관거를 통해 방류하천으로 원활하게 배수시킬 수 있는지, 그리고 관거내에 역류, 압력관 흐름, 월류 등이 발생하는 지 등을 검토하여 배수펌프장이 내수침수저감에 미치는 효과를 평가하였다. 특히, 방류하천인 문산천, 동문천 등의 외수위로 인하여 원활한 배수가 이루어지지 않는 유출 특성을 가지고 있으므로, 배수펌프장이 없다고 가정한 경우(w/o pumping)에는 하천의 외수위를 고려하여 출구부 관로 하류단에 경계수위를 부여하였다. 반면에 실제와 같이 배수펌프장이 있는 경우(with pumping)에는 관로 말단부의 영향을 받지 않는 것으로 가정하였다.

그림 3 ~ 그림 8은 SWMM으로 계산된 관거내 유출수문곡선 및 관거접합점에서의 수위곡선을 보여주고 있다. 여기서 Junction은 접합부(관로와 관로의 연결 node), Ground Elevation은 지반고, Crown Elevation은 관로의 상단표고, 음(-)의 유출량 값은 역류를 나타내며, 접합부에서 수위가 지반고를 넘었을 때 월류(overflow)가 발생하게 된다. 2003년 8월의 호우사상에 대해서 대상유역을 분석한 결과, 배수펌프장이 있는 경우에는 문산 및 선유3리 배수펌프장 유역내에 침수위험구역은 존재하지 않았다. 그러나 배수펌프장이 없다고 가정할 경우, 문산 배수펌프장 유역의 관번호(1105, 1202, 1400, 1201)에서 역류, 부분적인 만관이 일어났고, 접합점(202)에서 침수가 약 6시간 정도 발생하는 것으로 나타났다. 또한 선유3리 배수펌프장 유역에 관번호(1104, 1103, 1102)에서 부분적인 만관과 역류가 발생하였고, 접합점(103)에서 1시간 이상 월류가 발생하는 것으로 분석되었다. 유출모의 결과에서 주목할 것은 침투강우 발생후 수시간이 경과하였더라도, 즉 침투유출이 지나간 후에도 하류부 외수위의 영향으로 배수 및 역류현상이 발생하여 상당한 유량이 침수위험

지역으로 월류(문산: Junction 202, 선유3: Junction 103)하였다는 점이다. 따라서 비교적 크지 않은 호우사상이더라도 하류부 외수위의 영향으로 배수펌프장이 없거나 미가동 시에는 침수가 발생할 가능성이 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다.

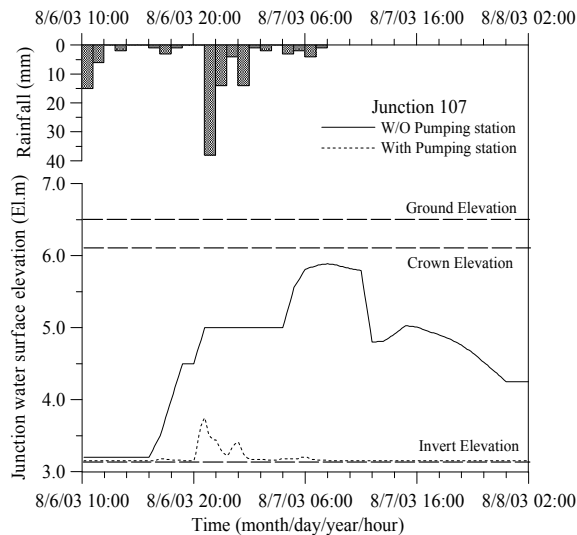


그림 4. 문산배수구역 접합점 107 수위곡선

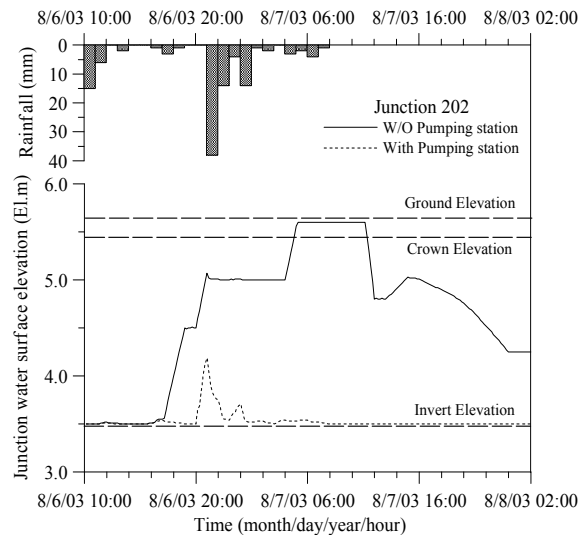


그림 5. 문산배수구역 접합점 202 수위곡선

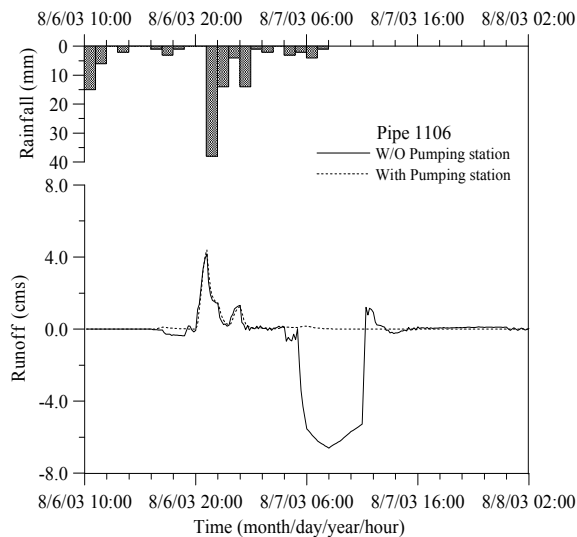


그림 6. 문산배수구역 관로 1106 유출수문곡선

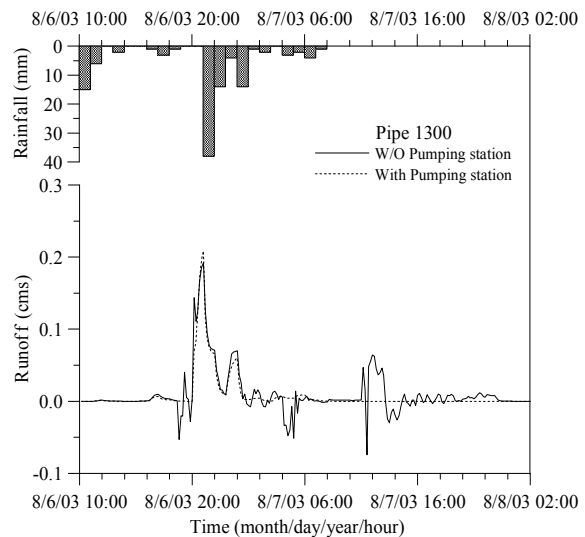


그림 7. 문산배수구역 관로 1300 유출수문곡선

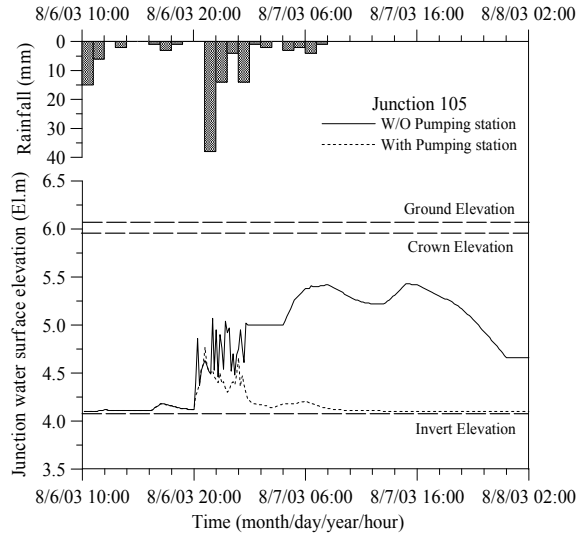
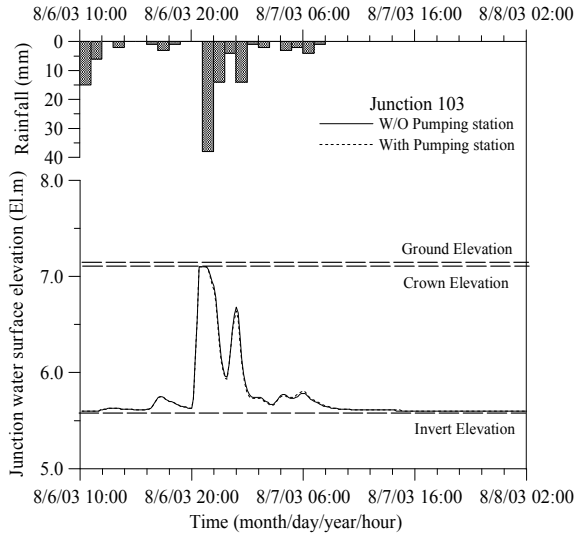


그림 8. 선유3리 배수구역 집합점 103 수위곡선

그림 9. 선유3리 배수구역 집합점 105 수위곡선

5. 결론

본 연구에서는 파주시 일부지역으로서 시가지 밀집지역이고 외수의 영향이 심한 문산 배수펌프장 유역과 2000년에 신설된 선유3 배수펌프장 유역을 선정하여 2003년도 주요 호우사상에 대한 내배수시스템의 유출특성을 SWMM의 EXTRAN 블록을 이용하여 분석하였으며, 배수펌프장 설치 유무에 따라 우수유출량을 배수관망을 통해 하루 하천으로 배수시킬 수 있는지를 분석하여 배수펌프장이 내수침수저감에 미치는 효과를 평가하였다. 유출모의를 수행한 결과, 배수펌프장이 설치된 현재 상태에서는 우수유출량을 원활히 배수시킬 수 있었으나, 배수펌프장이 설치되어 있지 않다고 가정한 경우에는 비교적 작은 호우사상이더라도 침투강우 발생후 수시간 경과후에 관거말단부 하천 외수위의 영향으로 배수 및 역류현상이 발생하였으며 일부지역에서는 상당한 유량이 지면으로 월류하여 침수가 발생할 가능성이 매우 큰 것으로 분석되었다. 결론적으로 하천 외수위에 의한 영향을 고려하여 하수관거의 통수능을 평가하고 배수펌프장 설치의 타당성을 평가하여야 한다.

참고 문헌

1. 심호 (1996). 빗물펌프장 운영합리화 및 도시유역의 유출억제 방안. 박사학위논문, 서울대학교.
2. 이종태 (1998). “도시유역에서의 유출 및 수질해석 모형.” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권, 제6호, pp. 709-725.
3. 허준행, 서규우, 이홍래, 이재철 (1997). “주택단지내 우수유출해석을 위한 모형의 적용 및 비교분석.” 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제17권, 제II-5호, pp. 429-440.