

SWMM 모형을 이용한 상습침수 지구 개선방안 연구

박성천*, 김용구**, 양동현***, 노경범****

Sung-Chun Park, Yong-Gu Kim, Dong-Hyun Yang, Kyong-Bum Roh

요 지

급속한 도시화 및 이상강우의 발생은 우수량을 증가시켜 하류부의 천변주변과 저지대에 대한 침수위험을 증대시키므로 풍수해 예방을 위해 각 시·도 지자체에서는 이러한 지역을 방재지역으로 지정하여 방재대책을 수립하고 있다.

본 연구는 침수피해 위험이 높은 광영동 하광마을을 연구대상지역으로 선정하여 상습침수구역을 토대로 현장조사를 실시하였다. 현장조사에서 과거 1988년 6월 택지 조성이 준공도면과 현 주택가 침수지역 침하량 분석결과 택지조성 당시보다 대략 0.4m 이상 침하가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 또한 우수관거에 대해 침하조사를 실시하였으며, 그 결과 1998년 우수관거 정비 사업을 실시하여 현재 관거침하 및 관거유실은 발생하지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 현재 관거 실패는 우수발생시 약간의 토사유입으로 인해 부분적으로 퇴적된 구간이 조사되었으나, 일반적인 모래 질이며 퇴적깊이는 5~15cm 정도이고 이는 강우발생시 우수관거의 일반적인 토사 퇴적·침식 작용의 현상으로 판단되었다. 외수침수는 해안도로 지반침하와 조성당시의 조위에 의한 계획고는 적용되었으나 하천 계획홍수위의 미적용으로 인해 강우발생시 조위 상승과 하천유출과의 관계에 있어 상습침수지역의 천변 해안도로로 외수유입이 발생 하는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 과거 침수실적을 바탕으로 기상조건 및 조위조건 등을 고려하여 HEC-HMS 모형을 적용하여 9개의 소유역으로 분할된 유역에서 홍수유출량을 분석하였으며, 외수위 조건을 SWMM 모형에 적용하여 우수관거 검토를 실시하였다. 그 결과 대상구역 조위 상승으로 우수관거의 내수배제가 되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 분석들로 외수유입 방지대책으로 조위영향 및 하천 계획홍수위를 고려하여 20년, 100년 빈도별 외수위를 산정하고 방지대책으로 도로 승상 및 파라펫 설치방안을 검토하였다. 내수침수 방지대책으로 저류조+배수펌프+게이트펌프 또는 관로신설+게이트펌프를 설치, 복합방식 (지하저류조+승수로(도로 또는 산지)+게이트펌프장)설치, 도수터널계획 방안을 제시하여 상류지역에 발생하는 유출량을 유출부로 직접 배출하거나 침수영향이 없는 타 지역으로 연계 방류하여 총 유출량을 저감시키는 방안을 제시하였다. 이와 같은 여러 방안을 제시함으로써 관련 지자체에서는 보다 효과적인 침수방지 대책계획에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 외수침수, 내수침수, HEC-HMS, SWMM, 승수로, 게이트펌프

* 정회원 · 동신대학교 토목공학과 교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정회원 · 도시P&D 수자원부 공학박사 · E-mail : kyg8987@paran.com
*** 정회원 · 동신대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : miziri@nate.com
**** 정회원 · 전남발전연구원 환경해양연구팀 연구원 · E-mail : kby3711@naver.com

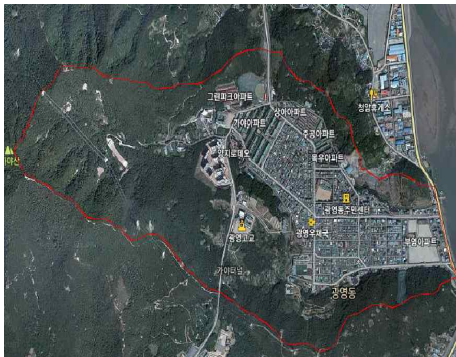
1. 서론

현대에는 급속한 도시화 및 이상강우의 발생은 우수량을 증가시켜 하류부의 천변주변과 저지대에 대한 침수위험을 증대시키므로 풍수해 예방을 위해 각 시·도 지자체에서는 이러한 지역을 방재지역으로 지정하여 방재대책을 수립하고 있다.

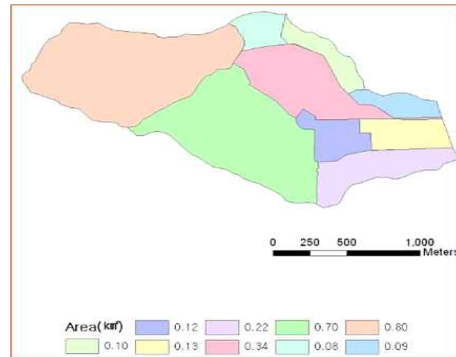
본 연구에서는 광영동 하광마을 861번 해안도로와 인근 주택 및 상가의 상습적인 침수피해 영향을 검토하여 체계적인 개선 대책을 수립하기 위함이며 연구의 내용은 공간적 범위로 광양시 광영동 하광마을 일원, 내용적 범위는 사업지구 하수관거의 통수능 검토, 침수구역 해소방안을 위한 저감대책(안) 제시하였다.

2. 연구대상구간 및 입력자료

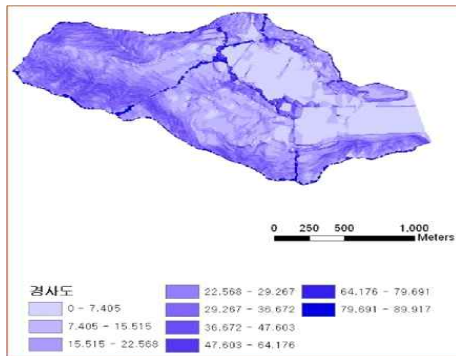
본 연구에서는 상습침수지역인 광양시 광영동 하광마을의 유역면적은 <그림 1-1> 및 <그림 1-2>에 나타난 바와 같이 총 유역면적 2.58km²이고 유출경로에 따라 9개의 소유역으로 분할을 실시하였으며<그림1-3>에 대상유역의 경사 분석 결과를 나타냈다.



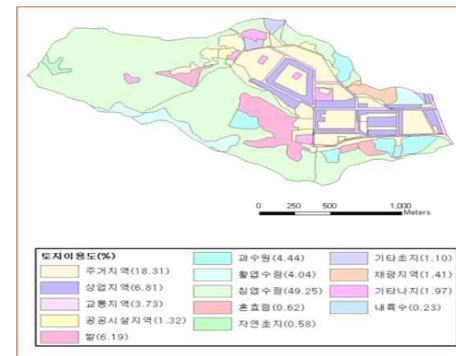
<그림 1-1> 대상유역 현황도



<그림 1-2> 대상유역 소유역 분할



<그림 1-3> 대상유역 경사도



<그림 2-1> 대상유역 토지이용도

2.1 지형자료

광영동 하광마을의 홍수량을 산정하기 위해 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미치는 토양특성에 따른 CN(Curve Number)은 농촌진흥청의 1/25000 수치정밀토양도와 토지이용도를 이용하여 유역분석을 실시하였다.

2.2 기상자료

본 연구에서 침수피해 현황 분석을 하기 위해 2009년 7월 16일 발생한 침수피해와 2006년 7월 9일에 발생한 침수조건을 이용하여 SWMM모형에 적용 분석하였다.

<표2-1>과거 침수발생 기상조건

구분	기 상 조 건			
	조위 (m)	기압 (mb)	풍향풍속 (m/sec)	강우량 (mm)
2009-07-19 05:00	2.17	1007	SW5.8	179mm/day (2시간 105mm)
2006-07-09 10:00	3.44	-	SE1.7	85mm/day

<표2-2>과거 침수발생 수어천 외수위 조건

구분	수어천 외수위 조건					
	조위 (m)	배수위 (m)	설계과고(m)	도과고 (m)	월파수위 (m)	수어천 홍수량 (m3/sec)
2009.07.19 05:00	2.17	3.28	2.08	0.26	3.54	1,520
2006.07.09 10:00	3.44	2.3	1.97	0.1	3.93	850

2.3 과거 침수발생 조위자료

<표2-3>과거 침수발생 조위표

구분	관측일시	광양항 조위 (DL.m)	조성당시 계획고 (DL.m)	현재 계획고 (DL.m)	비고
외 수 침 수	2010.8.11 22:19	4.24 (4.13)	5.124	4.394	- ()는 광양항 예보조위 - 실측자료 분석 * 광양항-여수항=0.35m차이 * 광영동-광양항=0.1m차이 * 여수항-광영동=약 0.4m차이 * 광양항 조위는 한국해양과학기술에서 실측한 자료임(포스코 유지관리 업체)
	2010.8.10 21:46	4.31 (4.09)	5.109	4.304	
	2010.3.1 09:45	4.36 (3.81)	4.981	4.244	
	2010.2.1 10:59	4.33 (3.88)	4.868	4.583	

3. 이론적 배경

SWMM의 적용대상유역은 도시유역, 인위적 배수계통을 갖는 소유역이며 세가지 특성을 가지며 시간적특성은 단일, 연속강우에 의한 계산이 가능하며, 강우간격은 임의로 설정가능하며 연산시간 간격은 강우사상에 대해 임의 조절이 가능하다 또 공간적 특성은 소배수유역에서 큰 배수유역까지 적용가능하며, 이때 배수유역은 최대200개의 소유역, 수로/관로로 구성되며 특히 배수유역은 합성, 분리가 가능하다 물리적 특성으로 SWMM에서의 유출은 강우와 융설(Snow-melt)에 의한 것으로 보며, 이때 지표면 유출은 비선형 저류방정식 사용하고 침투량 산정은 Horton과Green-Ampt식 사용한다 수로/관로에서는 RUNOFF → 비선형저류방정식, TRANSPORT월 → Kinematic 방정식, 그리고 EXTRAN →Dynamic 방정식, 연속방정식 등을 각각 사용하고 있으며, 저류 추적방법은 수표면이 평행하다고 가정한 수정 Pulse방법을 사용된다.

다른모델과의 관계는 유역 수질을 다루는 EPA의 WASP과 DYNHYD모델과 연계·독립, 또는 전체 SWMM 블록들과 HEC, STORM, 그리고 QUAL-II 등의 모델과 연계가 있다.

SWMM의 증발산모의는 입력된 월 증발산값을 이용하여 강우로부터 유출과 침투가 일어나기 전의 손실 과정에 의해서 이루어진다. SWMM에서는 투수지역에서의 침투(Infiltration)량을 모의하는 방법으로 Horton 과 Green-Ampt의 두 가지 방법을 선택하여 사용할 수 있다. 본 연구에

서는 국내에서 많은 적용성을 가지는 Horton 공식을 사용하였다. Horton의 침투능 공식은 <식 1-1>과 같다.

$$= f_c + (f_o - f_c) \cdot e^{-kt} \dots \dots \dots \text{<식 1-1>}$$

여기서, fp는 침투능(mm/sec), fc는 종기침투능(mm/sec), fo는 초기침투능(mm/sec), t는 강우 개시 후의 시간이고 k는 감소계수(sec-1)이다.

파라메타 중 fo, k는 토양의 종류, 식생과 초기수분 함유율에 따라 달라진다. 연속 모의시에는 토양의 침투능을 복원시키는데 사용되는 파라메타가 필요하다. 이들 파라메타는 SWMM에서 비강 우시나 표면에 물이 없을 때마다 다음의 <식 1-2>과 같은 방정식에 의해서 계산된다.

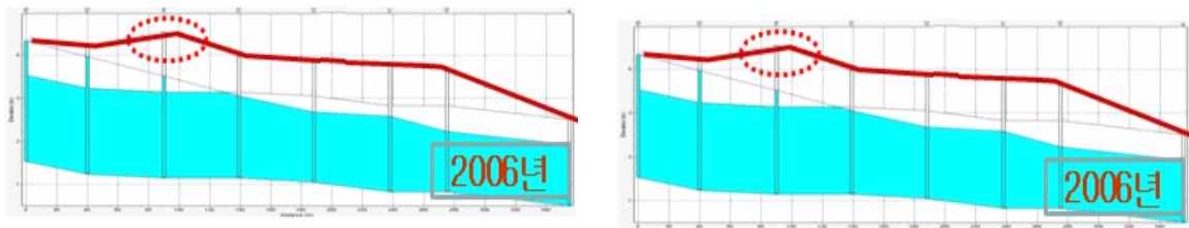
$$f_p = f_c + (f_c - f_c) \cdot e^{-k(t-t_w)} \dots \dots \dots \text{<식 1-2>}$$

여기서, kd = 회복곡선에 대한 감소계수(sec-1) tw = fp = fc 일 때의 시간(sec)

4. 결과

4.1 SWMM모형을 이용한 우수관거 능력검토 결과

과거 침수피해현황을 분석하기 위해 과거 재해발생시 기상조건 및 외수위 조건을 활용하였고, <표 2-1~2>에 나타냈다.



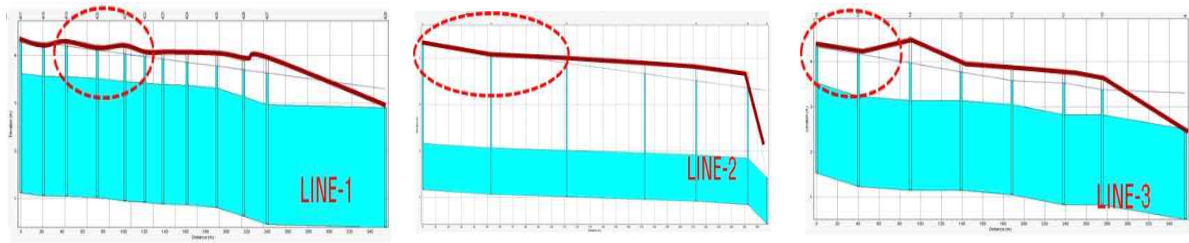
<그림 3-1>과거 피해발생 조건을 적용한 우수관거 능력검토

2009년 발생한 집중호우는 계획 강우량인 95.1mm/2hr의 강우를 초과한 105mm/2hr가 발생하여 관거 월류로 인한 침수가 발생하였고 2006년 발생한 집중호우는 계획 강우량인 95.1mm/2hr의 강우를 초과하지 않고 우수관거 또한 충분한 배제능력이 검토되었으나 침수지역의 지반침하로 인한 저지대에서의 저류 및 측구로 지표면 토사유입 및 나뭇잎과 같은 부유물질로 인한 관거막힘 현상으로 인해 상승침수지역의 저지대로 침수로 인해 약 2~3시간 정도의 저류 현상이 발생하였다.

과거 침수현황을 이용한 우수관거의 유출 흐름현상을 보면 <그림 3-1A>에 나타난 것과 같이 2009년도 집중호우 발생시 맨홀까지 유출량이 올라와 월류가 발생되었다는 것을 알수있었다. 또한 2006년 발생한 집중호우로 인한 관거능력 검토결과 <그림 3-1B> 관거의 유출형태는 양호함으로써 월류는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

4.2 우수관거 및 수어천 기점홍수위 계획에 따른 관거능력 결과

우수관거 계획 빈도인 20년 빈도의 조건을 적용하고 외수위 조건을 광양항 대조평균만조위 DL.3.82m 적용함으로써 3곳의 우수관거 능력 검토를 실시하였다. 계획강우량 95.1mm/2hr를 적용하여 우수관거 능력검토를 실시한 결과 3곳의 우수관거에서의 유출 형태는 <그림 4-2>과 같이 양호한 것으로 나타났다.



<그림 4-2> 광양항 조평균만조위를 적용한 우수관거 능력검토

5. 결론

광영동 하광마을 상습침수 개선방안 연구는 상습침수지역을 중심으로 광영동 재해이력 및 우수관로시설, 방재시설 현황 등을 조사하여 광영동 하광마을 재해 및 방재 현황을 정리하였으며, 상습침수 지역 개선방안을 위해 침수방지대책 계획(안)의 가이드라인이 되도록 하였다.

상습침수지역 침수방지 대책으로 제시한 외수유입 방지대책으로는 해안도로 파라펫 설치 방안을 검토하여 제시하였으며, 하광마을 내수방지 대책으로는 침투 홍수량을 감소시키기 위해 유역내 유출저감효과를 위한 저류조와 펌프장 설치방안, 승수로 설치방안, 도수터널 설치방안 4가지 침수방지 대책으로 판단되며 4가지 침수방지대책으로는 외수유입검토를 위해 수어천홍수위와 조위영향분석을 실시하여 파라펫 설치시 계획고를 결정하였으며 약 1m정도의 파라펫을 설치하는 방안과 관로신설+게이트펌프를 설치하여 저류조의 효과를 활용함에 따라 침투홍수량 및 침수지역 지반고에 의해 발생하는 지표면 저류량을 점감시키는 방안이 적합할 것으로 판단된다.

또 도수터널+게이트 펌프를 이용하여 광영동 유역에서 발생하는 홍수량을 유역외로 배제함으로써 침투홍수량 및 총 유출량을 저감시켜 방류하도록 하는 방안이 적합할 것으로 판단되며 기타방안으로 우수관거정비 및 노면수 차집관거 증설 등이 개선방안이 될 것으로 판단된다.

본 연구에서 검토된 상습침수지역 지반침하, 지반조사 및 지반표고조사는 향후 실시설계시 정밀한 잔류침하 조사, 현황측량 및 지질조사를 바탕으로 실시하여야 할 것으로 판단된다.