

내·외수 침수해석을 위한 홍수해석 기법 확립

Establishment of Flood Analysis Method for the Inland and River Inundation Analysis

한건연*, 조완희**, 김영주***, 류종현****

Kun Yeun Han, Wan Hee Cho, Young Joo Kim, Jong Hyun Ryu

요 지

전 세계적인 지구 온난화로 인한 이상기후로 최근 10년간의 홍수 피해는 그 강도와 규모면에서 점차 증가하고 있는 실정이다. 1998년과 1999년 그리고 2002년의 전국적인 홍수로 많은 제방과 저수지가 붕괴되어 수많은 가옥과 농경지가 침수되었으며, 2002년 태풍 루사의 영향으로 낙동강 인근 지역과 강릉 지역은 엄청난 피해를 입었다. 본 연구에서는 태풍 루사로 인해 특히 피해가 심했던 지역 중 경북 김천지역에 위치한 감천유역에 대해서 강우관측소 자료를 이용하여 유역 내 홍수량을 산정하였고, 산정된 홍수량을 바탕으로 직지사천 내 하도 모의를 실시함으로써 하천내의 홍수위를 산정하였다. 또한 모의결과는 하천 내 실측홍수위 자료와 비교함으로써 본 연구에서 적용한 홍수해석 기법의 적용성을 입증하였다. 그리고 100년 및 200년 빈도의 확률강우량을 산정하여 빈도별 확률유출량 및 하도내에서의 유량 및 수위를 산정하여 기성제방고와 비교를 실시함으로써 홍수에 취약한 지역을 도출 할 수 있었다. 또한 국내의 홍수예경보체계와 연계하여 선행시간을 확보한 정확도 높은 홍수정보시스템 구축에 크게 기여할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 제방월류, 유출분석, 내외수 침수해석

1. 서 론

전 세계적인 지구 온난화로 인한 이상기후로 최근 10년간의 홍수 피해는 그 강도와 규모면에서 점차 증가하고 있는 실정이다. 2002년 태풍 루사의 영향으로 김천과 강릉지역에서의 호우사상은 기존의 집중호우라는 호우형태에서 벗어난 이른바 케릴라성 집중폭우로 이 지역에서 기상 관측 이래 발생한 홍수사상 중 시간당 최고치를 기록하였다. 루사는 사망 213명, 실종 33명 등 246명의 인명피해와 5조 1,479억 여원에 달하는 기록적인 피해를 안겨주었다. 이는 그동안 가장 큰 피해로 기록된 1999년 태풍 울가의 1조 1,026억 여원에 5배에 달하는 실로 엄청난 피해였다.

이와 같은 홍수로 인한 피해를 줄이거나 방지하기 위해서 홍수 방어 및 조절계획에 따라 구조적 및 비구조적 치수대책을 강구하여야 한다. 즉 하도 정비 및 개수, 홍수 조절지 및 우수지 계획, 홍수 조절용 댐 계획 등과 같은 구조적 대책과 홍수 예·경보, 홍수터의 관리, 유역의 강우-유출분석 등과 비구조적 대책을 포함하는 종합치수대책수립이 절실하다. 그러나 최근의 이상 호우에 대한 대처방안으로 이루어진 정부의 예산 투자가 비구조적 대책보다는 구조적인 대책에 집중되고

* 정회원 · 경북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원 · 경북대학교 토목공학과 박사수료 · E-mail : jobbaeng@hanmail.net
*** 경북대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : fishone03@naver.com
**** 한국수자원공사 수자원개발처 · E-mail : ruy123@kwater.or.kr

있는 실정으로서 치수방재에 대한 인식변화가 필요하다. 특히 비구조적 대책 중 유역의 강우-유출 분석은 유역에 내릴 강우의 시작과 끝남 및 강우량 정보를 포함한 강우예측과 유역에 내린 강우에 의해 유출되는 홍수 유출량의 정확한 분석으로 홍수 조절용 저수지를 최적으로 조작 할 수 있으며 하류의 홍수 예보를 가능하게 하여 사전 대비, 대피 등의 홍수 경보를 통하여 피해를 감소시키는 중요한 수단을 제공할 수 있다. 또한 유역의 보수, 우수 저수기능이 유지 및 증대될 수 있도록 적절하게 유역을 관리하여 홍수 및 토사의 유출을 조절하게 할 수 있는 기준도 제시할 수 있다.

2. 수문 및 수리분석

미국 기상청(NWS)의 동역학적 홍수추적 모형인 FLDWAV 모형은 두 개의 널리 쓰이는 DWOPER(Fread, 1978) 모형과 DAMBRK(Fread, 1980) 모형의 통합모형이다. FLDWAV 모형은 이들 모형에 포함되어 있지 못한 중요한 기능을 가지고 있기도 하다. FLDWAV 모형은 단일수로나 수지형 수로에서의 1차원 부정류 해석을 위한 동역학적 홍수추적모형의 일반 형태를 가지고 있다. 본 연구에서는 기존 도시유역에 적용되고 있는 강우-유출모형의 기본이론의 장·단점을 검토하여 본 연구의 목적과 용도에 가장 적합하다고 판단되는 SWMM 모형을 선정하여 내수 모형에 적용하였으며 2차원 침수 해석을 위하여 FDM 기법을 사용하여 범람도를 작성하였다.

3. 실제유역에 대한 적용

3.1 대상유역

본 연구 대상 유역인 감천이 위치한 김천지역은 표고 100m 이하인 저지역이 15% 이하에 불과하고, 해발 1,290m의 대덕산과 그 계곡을 따라 지레로부터 북류하는 감천과 서북으로 1,145m의 고성산, 1,111m의 황악산이 추풍령과 인접해서 흘러내려 여기서 동류하는 직지천이 합류되어 낙동강의 지류를 이루고 있다. 2002년 8월 30일~9월 1일 간의 태풍 루사에 의한 폭우 피해는 6,223명의 이재민을 발생시켰으며, 26명의 인명피해가 발생하였다. 또한 도로, 하천, 농경지 유실 등 총 피해액이 4,142억 여원이 발생하였다.

3.2 강우 분석 및 태풍루사에 대한 홍수위 분석

확률 강우량의 산정을 위하여 추풍령, 구미, 거창 3개의 강우관측소 자료를 사용하였으며 강우를 분석통하여 Thiessen망을 작성하였다. 강우자료는 약 30년 이상의 자료를 사용하였다. 강우의 시간 분포는 Huff의 무차원 시간 분포곡선을 사용한 결과 감천 유역은 최빈도 분위가 제2분위로 나타났다. 재현기간 100년 및 200년에 대하여 생성된 확률 강우량의 자료 바탕으로 수문 분석을 위하여 미공병단의 HEC-HMS를 사용하여 미계측 유역의 유량을 산정하였다. 모형의 적용성 검증을 위하여 태풍 루사 사상을 통하여 검증·보정을 실시하였으며 확률 강우 100년, 200년 및 태풍 루사에 대하여 홍수위 분석을 실시하였다.

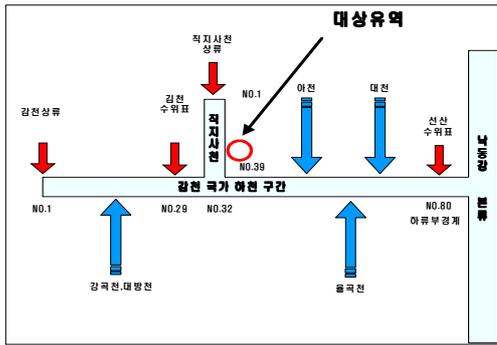


그림 1. 직지사천 모의를 위한 하도망

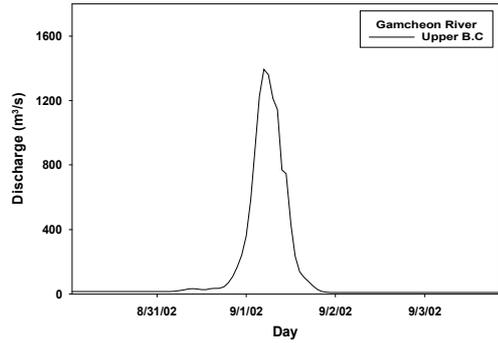


그림 2. 감천 상류단 경계조건

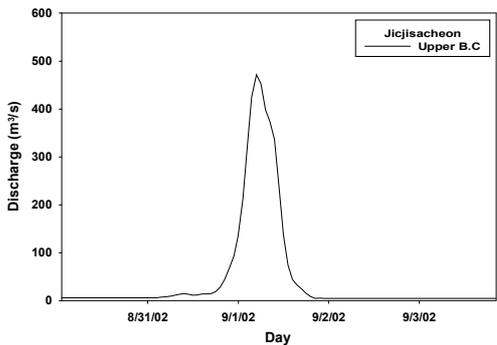


그림3. 직지사천 상류단 경계조건

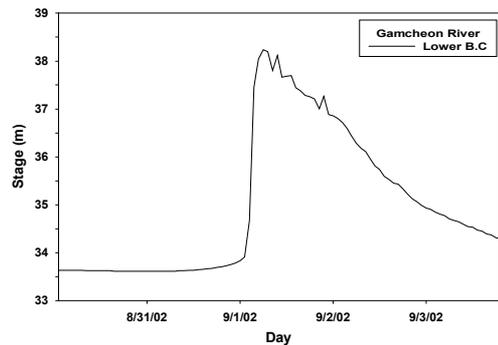


그림 4. 감천 하류단 경계조건

감천 유역과 직지사천에 적용한 모의구간은 그림 1에서와 같으며 감천의 상류단은 감천국가하천 시점부터이며 하류단은 선산수위표까지 모의를 수행하였으며, 직지사천 상류단 경계조건은 감천 합류부 상단 4.3km 지점이다. 그림 2, 3에 나타난 감천과 직지사천 상류단 경계조건은 HEC-HMS 모의를 통해 계산된 유역의 유출량을 적용하였고 강곡천, 대방천 유역, 아천 유역, 울곡천 유역, 대천 유역 유출량을 감천에 대한 측방유입유량으로 고려하였다. 하류단 경계 조건은 그림 4에 나타난 것과 같이 태풍 루사 당시 선산수위표의 실측 수위를 입력하였다. 이를 바탕으로 Backwater 영향의 고려가 가능한 FLDWAV 모형을 통하여 1차원 하도 모의를 실시하였으며 태풍 루사 및 재현기간 100년 200년의 최대홍수위와 제방고를 비교하여 그림 6에 나타내었다.

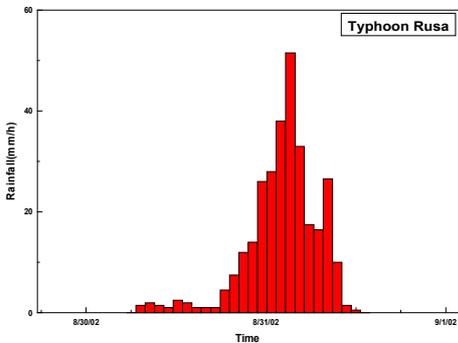


그림 5. 태풍 루사 입력 시각우자료 (mm/h)

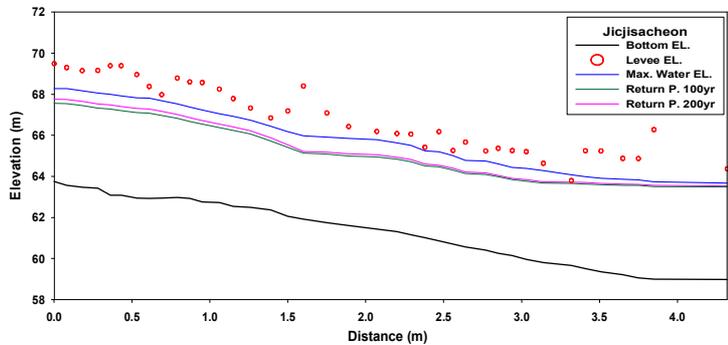


그림 6. 직지사천 상류로부터의 종단면도

3.2 유역에 대한 내외수 모형의 적용 및 결과 검토

내수 모형으로 본 연구에 적합한 SWMM 모형을 사용하였으며 대상 구역은 직지사천에 위치한 신음 배수구역에 대하여 적용하였으며 구축된 우수 관망도는 그림 6에 나타내었다. 태풍 루사 사상에 대하여 1차원 하천 모의한 결과 우수 관망 유출구 3개의 지점에서 다음 그림 7과 같은 수위 변화가 있었다. 이 유출구에서의 수위변화는 관망 해석을 위해 구축된 내수 모형의 경계 조건으로 입력 하였다.

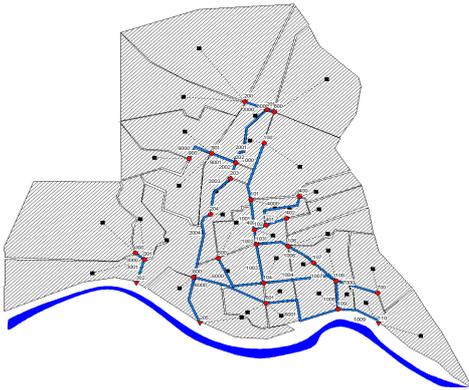


그림 7. 신음 배수구역의 우수 관망도

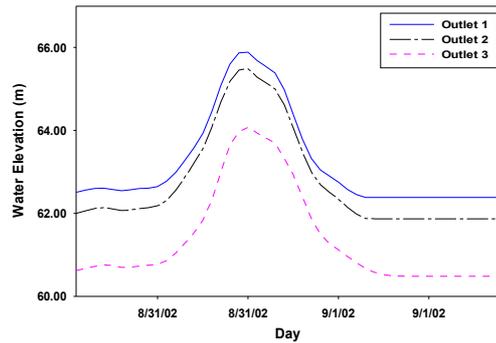


그림 8. 태풍 루사에 대한 유출부 경계조건

FLDWAV와 SWMM을 이용한 내외수 범람 해석 모의를 실시한 결과 그림 9과 같이 월류량이 나타났다. 태풍 루사 사상에 대하여 맨홀 109는 최대 $35.03\text{m}^3/\text{s}$ 이며 맨홀 300은 최대 월류량이 $2\text{m}^3/\text{s}$ 이하였다. 빨간 점선으로 나타낸 것은 외수위로 인한 제방 월류량을 계산한 것인데 하천 제방 최대 월류량은 $17.5\text{m}^3/\text{s}$ 이었다.

그림 9의 월류량 자료를 바탕으로 태풍 루사 당시 침수를 재현하기 위하여 2차원 모의를 실시한 결과를 그림 10에 나타내었다. 실제 범람 범위 면적은 $285,275\text{m}^2$ 이었으며 2차원 모의를 통한 최대 범람 면적은 $305,383\text{m}^2$ 이었다. 범람의 양상은 비슷하였으나 면적 차이가 $20,108\text{m}^2$ 만큼 있었는데 이는 모의에서 월류된 맨홀 300에 의한 것이며 실제 조사된 범람 범위에도 어느 정도의 오차가 있을 것으로 판단된다. 전체적인 범람 양상은 실제 범람과 매우 유사하게 나타나 내·외수 통합 해석모형으로 구축된 자료가 적합하다고 판단된다.

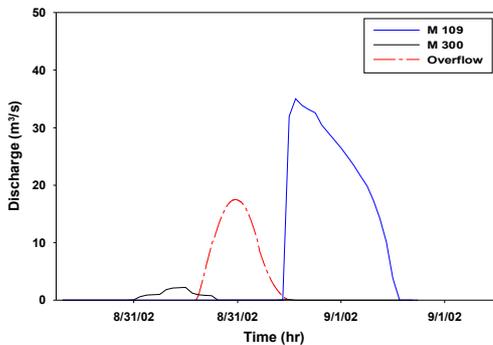


그림 9. 맨홀 및 제방 월류량

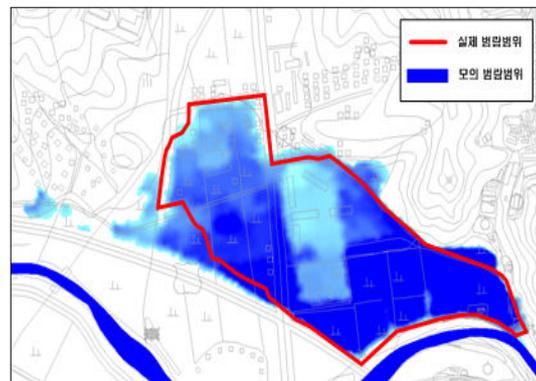


그림 10. 실제 범람 범위 비교

4. 결 론

본 연구에서는 태풍 루사 시 극심한 피해를 입은 직지사천 유역에 대해서 실제 강우량 자료를 활용하여 유역 홍수량 및 직지사천에 대한 홍수위를 산정 하였다. 본 연구의 주요 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있겠다.

- (1) 유역분석을 통해 추출한 매개변수 및 모형 입력자료를 바탕으로 수문모형인 HEC-HMS와 수리모형인 FLDWAV 모형을 이용하여 감천유역과 직지사천 유역에 대해서 수문 및 수리 해석을 실시함으로써 홍수해석에 대한 기법을 확립 하였다.
- (2) 2002년 태풍 루사의 실제 사상을 해석함으로써 모형의 매개변수를 검·보정하였으며 직지사천 유역에 대한 홍수 방어 및 치수 대책에 대한 지표로 활용될 것으로 기대된다. 본 연구 유역에서와 마찬가지로 지류로 연결된 하천 시스템에서는 측방유입에 의한 모의 보다는 지류모의를 실시하는 것이 실제 사상을 더 잘 나타내는 것으로 나타났다.
- (3) 신음 배수구역에서 태풍 루사 사상에 대하여 내·외수 연계 모의를 실시하였으며 2차원 범람 해석을 통한 실제 범람 양상과 비교한 결과 매우 유사한 결과를 나타내었다. 2차원 범람 해석을 실시한 결과는 Flood Map을 통하여 홍수 보험이나 건축물 관련 지침에 유용하게 사용될 것으로 판단된다.
- (4) 본 연구를 통해서 국내 홍수재해에 대한 강우-유출-홍수해석에 관해서 체계적인 실무 적용에 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 국내의 홍수예경보체계와 연계하여 선행시간을 확보한 정확도 높은 홍수정보시스템 구축에 크게 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명:내배수 침수재해 저감기술개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 건설교통부 (2003). “직지사천 하천정비 기본계획”
- 건설교통부 (2004). “낙동강 유역종합치수계획 보고서”
- Hydrologic Engineering Center. (1979). “Introduction and Application of Kinematic Wave Routing Techniques Using HEC-1”. Training Doc. No. 10, U.S Army Corps of Engineers, Davis, California