(3-6) 개념적 강우-유출 모형을 활용한 한국형 홍수량 산정 방법 개발

이 효 상 ▸▸▸
충북대학교 토목공학부 조교수
hyosanglee@chungbuk.ac.kr

1. 서 론

우리나라는 1441년에 청계천에 수위관측을 위한 수표를 설치하였으며, 또한 세계최초로 표준화된 강우관측기인 측우기를 발명 적용한 유구한 수문관측의 역사를 가지고 있다. 근대적인 우량 측정은 1903년에 시작되었으며, 1911년에 경남 산청에 수위표를 처음 설치한 이래 지속적인 관측이 이루어지고 있다(김원, 2009). 지속적인 수문관측 시스템의 투자를 통하여 수문자료의 품질을 개선하고 있으며, 전국 단위의 수문 관측 시스템을 구축,운영하고 있다. 이렇게 구축된 수문자료들은 국가 수자원 데이터 포털(www.wamis.go.kr)에서 실시간으로 제공되는 등 대한민국은 세계적인 수준의 수문자료 관리 체계를 가지고 있다고 평가 받고 있다.

그러나 우리나라는 여전히 국토의 많은 부분, 특히 중소 규모의 유역의 경우는 유량 관측이 이루어지지 않고 있거나 유량 관측 자료의 축적정도가 충분치 않다. 이러한 문제는 비단 우리나라만의 문제가 아니라 모든 수문 선진국도 같은 상황이다. 국토의 모든 유역에 대하여 고비용의 수문관측시설을 운용하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이러한 유역에서의 홍수량 산정은 홍수 관측 자료를 바탕으로 한 전형적인 홍수 빈도해석이 가능하지 않으며, 강우 유출모형을 활용하여 홍수량 산정을 하는 것이 일반적이다. 이러한 미계측 유역의 홍수량 산정에서 수자원기술자들은 국외에서 제시된 매개변수 산정 공식(예, HEC-HMS의 도달 시간 산정공식 등)을 기술자의 실무 경험 등에 따라 임의적으로 적용하는 것이 일반적이다. 이러한 실무 홍수량 산정 현실은 홍수량 산정의 객관성과 신뢰성의 확보하는 문제점을 제기하여 국토해양부에서는 설계홍수량 산정요령(2012)을 제시하였으며, 본 연구세부 과제(한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발)를 출범하였다.

본 3-6 세세부 연구"개념적 강우-유출모형을 활용한 한국형 통합 홍수량 산정 방법 개발"에서는 이러한 미계측 유역의 신뢰할 수 있는 홍수량 산정방법을 제시하기 위하여, 한국의 유역 특성을 반영한 개념적 강우 유출모형을 바탕으로 한 강우유출모형 매개변수의 지역화 연구를 수행하고자한다. 이를 위하여 우선적으로 금강 유역을 대상으로한 홍수량 산정 방법을 개발 하고자 한다.

2. 연구 방법

한국(금강)의 유역 특성을 반영한 개념적 강우 유출기반의 홍수량 산정방법 개발은 다음 Fig. 1과 같은 연구 흐름도를 따른다.

1) 한국(금강)유역의 특성 분석

본 세세부 연구 과제는 금강 유역을 대상으로 한다. 유역 단위의 홍수량 산정을 위한 수문모의를 위하여 금강 유역의 자연 유역의 특성을 가지는 유역, 대규모 홍수 조절 효과(예, 대청댐의 홍수 조절 및 금강 하구둑의 개폐에 따른 영향)를 받지 않는 계측 유역을 우선적으로 선정한다. 이들 유역중 산지, 평지 및 도시유역을 대표 유역으로 개념적 강우 유출모형의 적용성을 평가한다.

이들 대상 연구 유역의 수문자료를 조사/분석하여, 10년 이상의 장기 유출 자료(일단위) 및 10개 이상의 단기 홍수 사상 자료(시단위)을 구축한다. 고아라(2012)의 연구를 통하여 금강 유역의 대표 유역 특성인자는 다음과 같이 제시된다: 표 유역 특성인자 (유역면적(AREA), 표준 기간(1981-2010)년 평균 강우량(SAAR), 토지 이용에 따른 유출 특성 지수(SCS-CN), 유역 평균 경사도(Slope), 형상계수(Form factor), 하천 밀도(Drainage Density), 저수지 홍수 저감지수(FARL))을 산정하여 유역의 일반적인 특성을 평가한다.

대상유역의 유출자료(2001-2010)를 바탕으로 유황곡선을 도시하여 개별 유역의 유출 특성을 평가한다. 관련 계수(갈수계수, 풍수계수 및 하상 계수 등)을 도출하여 객관적인 비교를 수행한다. 대상 유역의 대표/주요 특성인자를 바탕으로 한 수문학적 유역 유사성 평가 방법(유역 특성인자간의 유클리디안거리)을 제시하여, 이를 바탕으로 유역 유사성/그룹화를 제시한다. 이를 유황곡선의 관련 계수의 그룹화 결과와 비교하여 본 연구의 제시 방법의 효용성을 평가하

Fig. 1. 개념적 강우유출모형을 활용한 한국형 홍수량 산정방법 개발 연구 흐름도

고자 한다. 이러한 수문학적인 동질성이 높은 유역 그룹은 향후 강우유출모형의 지역화 모형의 적용 정도를 높일 것으로 기대한다.

2) 한국형 개념적 강우 유출 모형의 개발

금강의 대상 유역을 대상으로 다수의 개념적 강우유출모형(영국의 FEH-ReFH 모형, PDM 모형 등)의 적용성을 평가하고, 한국(금강)유역의 유출특성을 잘 구현한 한국형 개념적 모형을 개발 한다. ReFH 및 PDM 모형의 개략적인 설명은 Fig. 2와 같다.

본 연구에서는 우선적으로 중소 규모의 단위유역을 대상으로한 집중형 모형을 선정 및 개발 하며, 이 모형의 계측 유역의 적용방법(예, 입력자료의 제한사항, 매개변수의 적정범위 등)등, 일관된 모형의 검정(Calibration) 및 검증(Validation) 기법을 개발한다. 이를 금강의 모든 대상 유역에 적용하여 장단기 홍수사상에 대하여 최적화된 매개변수의 DB를 구축한다.

이러한 집중형 모형의 성과를 바탕으로 준분포형 모형을 개발 한다. 유출 특성에 따라 다수의 개념적 모형 구조 및 최적화된 매개변수를 적용한 소유역 부분과 수문학적 홍수 추적을 적용한 하도 부분으로 모형을 구축하고자 한다. 유역내 모든 소 유역에 대하여 검정된 매개변수를 적용할수 없으므로 미계측 소유역의 매개변수 산정 부분은 다음 부분에서 다루게 될 지역화 연구성과를 바탕으로 한다.

3) 강우 유출모형의 지역화 모형 개발

미계측 유역의 홍수량 산정을 위한 모형의 매개변수 산정을 위한 지역화모형을 개발 한다. 지역화 모형은 계측 유역의 강우 유출 모형의 적용 성과를 바탕으로 미계측 유역의 적용이 가능한 일반화된 지역화 모형을 구축한 것으로 Fig. 3과 같이 그림으로 설명할 수 있다.

우선적으로 고려할 지역화 모형은 금강의 계측 유역의 검정/검증된 모형의 매개변수와 유역 특성인자 간의 다변량 회귀분석을 통하여 산정된 모형으로 이는 일반적으로 적용되고 있는 매개변수 산정공식이다. 이러한 지역화 모형을 통하여 미계측 유역에서는 유역 특성인자를 바탕으로 강우 유출모형의 매개변수를 추정하여 유역모의를 통하여 홍수량을 산정한다. 이는 HEC-HMS의 매개변수 산정방법 및 영국의 FEH 등에서 일반적으로 적용되고 있는 방법이다. 1)의 연구에서 제시한 수문학적 동질성이 높은 유역 그룹은 회귀분석의 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, 각 수문그룹별 세분화된 지역화 모형을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

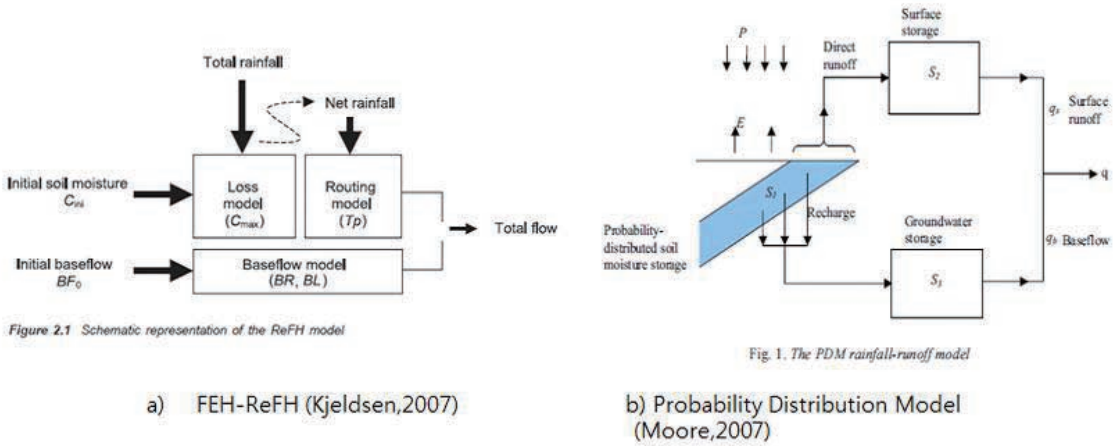

Fig. 2. 대표적인 개념적 강우 유출모형(a) 영국의 표준 홍수량 산정 강우-유출모형 FEH-ReFH, b) PDM 모형)

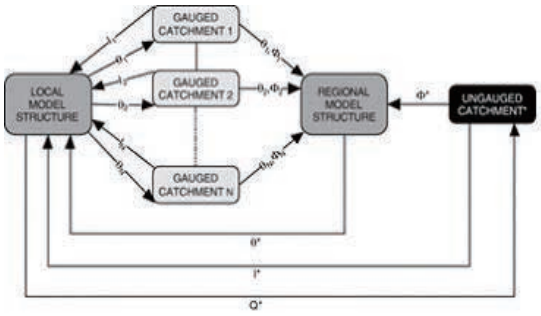

Fig. 3. 강우유출모형의 지역화의 개요도 (Wagener et al., 2006)

본 연구에서는 강우유출모형 및 지역화 모형의 불확실성을 고려하여 앙상블 지역화 모형을 구축하고자 한다. 이는 기존의 1개의 최적화된 모형 매개변수를 지양하고, 다수의 최적화 변수가 가능함을 바탕으로 다수의 지역화 모형을 구축하고 이의 가중치를 주어 적용한 방법으로 홍수량 산정의 신뢰구간을 제시하고자 한다. 또한 준분포형의 지역화 모형-개별 소유역별 차별화된 매개변수의 적용을 통하여 중대 규모 유역의 홍수량 산정의 정확성을 제고하고자 한다.

4) 한국형 홍수량 산정방법 및 가이드 라인

본 연구를 통하여 제시된 홍수량 산정방법은 계측 유역의 대상으로한 검정 및 검증을 통한 한국형 개념적 강우 유출모형의 구축과 미계측 유역을 대상으로 한 지역화 모형을 통한 강우 유출모형의 구축에 바탕을 두고 있다. 또한 유역의 규모에 따라 집중형 모형 및 준분포형 모형의 적용으로 구분할 수 있다. 이러한 모형의 적용에 관한 적용사례를 중심으로한 체계적인 가이드라인의 제시하고자 한다. 본 연구의 최종 결과물인 가이드라인과 유사한 성과물은 Fig. 4의 영국 홍수량 산정방법이 대표적이다. 또한 대상 연구 유역범위외의 낙동강 유역을 대상으로 최종 모형의 적용성을 검증하고자 한다.

3. 결 론

한국(금강) 유역의 특성을 반영한 개념적 강우 유출모형 및 계측/미계측 유역의 적용 방법 연구의 최종 결과물은 홍수량 산정 실무의 표준화를 제시하여 수자원 설계의 효율성을 제고할 것으로 기대한다. 또한 개념적 모형 구조 및 매개변수 산정의 불확실성을 고려한 홍수량 산정의 신뢰성 구간을 제시할수 있다. 이러한 기술 개발 경험 및 구축된 시스템은 수문관측 자료가 충분치 않은 많은 해외 국가 들과의 국제 교류 등에 활용될수 있으며, 다양한 국제 수자원개발 사업의 분석 토대를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

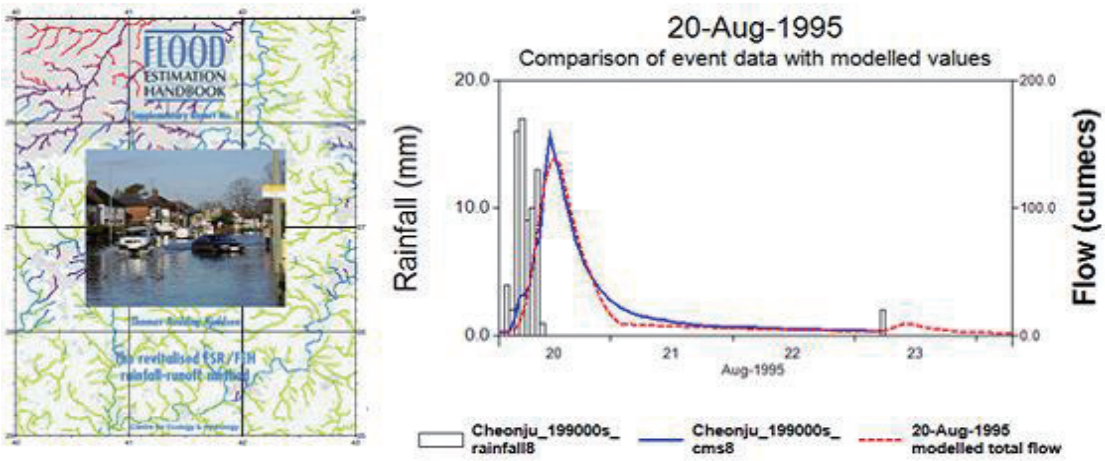

Fig. 4. 영국의 홍수량 산정 가이드라인과 산정 예

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김원 (2009). 근대 수문조사 100주년의 준비, 물과 미래, VOL.42, pp. 48-53.
2. 국토해양부 (2012). 설계홍수량 산정 요령.
3. 국가 수자원관리 포털. www.wamis.go.kr.
4. R.J. Moore (2007). The PDM rainfall-runoff model, hydrol. Earth syst. Sci., 11(1), pp. 483-499.
5. Thomas Kjeldesn (2007). Flood Estimation Handbook Supplementary Report No.1 The revitialised FSR/FEH rainfall-runoff method, Centre for Ecology and Hydrology.
6. Thorsten Wagent, Hoshin Guptar and Howard wheater (2006). Prediction in Ungauged catchments, Imperial College Press.