

(3-4) 감조하천 구간에 대한 확률홍수위 산정기술 개발



전 경 수 ▶▶▶

성균관대학교 수자원대학원 교수
ksjun@skku.edu

치수설계를 위한 홍수위 산정 방법의 개선 및 관련 기술의 선진화를 위하여 “첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단”의 3-4 세세부과제로 “하도 추적 및 홍수위 산정기술 개발”이 수행되고 있다. 본 고에서는 이 연구의 배경과 필요성을 살펴보고, 진행 현황과 추진계획을 소개하고자 한다.

1. 서론

현재 주로 제방에 의존하고 있는 하천 치수계획은 유역의 설계 홍수량 산정 및 그에 따른 하천 설계 홍수위 산정 과정으로 구분할 수 있다. 유역의 설계 홍수량 산정에 영향을 미치는 요소들은 설계 강수량 산정을 위한 확률모형, 강우 지속시간 및 강우의 시간 분포 모형, 유효우량 산정 방법, 도달 시간 산정식, 강우-유출 모형 및 모형의 매개변수 등으로 매우 다양하다. 따라서 이들 각 요소에 대한 연구와 그에 따른 홍수량 산정 과정의 개선을 위한 노력이 꾸준히 수행되어 왔다. 반면, 하천 홍수위 산정은 1차원 흐름 계산모형과 모형의 매개변수인 조도계수에 따라 좌우되어, 유역 홍수량 산정에 비하여 영향을 미치는 요소가 상대적으로 적다. 정상 부등류 계산모형인 HEC-RAS 모형(HEC, 2002)이 지속적으로 사용되고 있으며, 계산모형 및 조도계수의 적정성 검토 및 개선을 위한 노력은 상대적으로 미진한 실정이다.

2. 대하천 확률홍수위 산정방법의 문제점 및 개선방향

2.1 홍수위의 과대추정

홍수시에는 유역으로부터 하천으로의 유입량이 시간에 따라 변화하므로 하천에서의 흐름은 부정류이다. 하천 각 지점에서의 전형적인 수위 또는 유량 수문곡선은 침투유량에 이르기까지 상승한 후, 점차 하강하는 형태를 갖게 된다. 이때 홍수파는 하류로 전파되면서 그 침투치가 감소하게 된다. 정상류 모형은 하천구간 상류단에서의 유입유량, 지천유입량 및 하류단의 수위가 시간에 따라 일정한 경우에 가능한 정상상태의 흐름을 계산하기 위한 모형이다. 따라서 하천으로의 유입유량과 하류단 경계조건 중 어느 것이라도 시간에 따라 변화하는 경우를 모의하는 데에는 원칙적으로 부적합한 모형이다. 정상류 계산을 목적으로 HEC-RAS 모형을 적용하기 위해서는 모형의

상류단 경계조건 및 지천유입량으로서 일정한 유량 값을 부여해야 하는데, 이때의 유입량으로는 홍수량 산정 결과로서 구해진 유역 유출수문곡선의 첨두유량 값을 현재의 하천실무에서는 사용하고 있다. 이렇게 함으로써 유입유량의 첨두치가 계속 유입되는 것으로 가정하여 계산하는 것이 되어 홍수파의 감쇄효과 등이 무시됨으로써 홍수위가 과대 추정된다. 이때 과대 추정되는 정도는 하천으로의 유입 수문곡선의 형태, 하천의 초기 흐름조건, 하상조도 등 여러 요소에 좌우된다.

이러한 과대추정의 정도를 알아보기 위하여 남한강 유역을 대상으로 하여 2000년부터 2010년 사이에 발생한 다양한 규모의 홍수에 대하여 부정류 계산 모형(Cunge 등, 1980, Holly 등, 1990, Liggett 등, 1975)에 의한 모의계산을 수행하였다 또한 유입유량의 첨두치를 입력자료로 하여 HEC-RAS 모형에 의한 정상류 모의계산을 수행하여 그 결과들을 비교하였다. Fig. 1 은 각 홍수사상 별로 정상류 계산모형을 사용하여 산정된 여주 지점에서의 수위 계산치를 부정류 계산모형에 의하여 모의된 첨두수위와 비교하여 홍수파의 감쇄효과를 무시함으로써 과대평가되는 정

도를 도시한 것이다. 조도계수 0.025, 0.030, 0.035, 0.040의 네 가지 경우에 대한 모의계산을 수행하였으며, 적용된 조도계수가 클수록 과대 평가되는 정도가 커지는 것으로 나타났다.

2.2 조도계수

Fig. 2 는 각각의 조도계수를 적용할 경우에 대하여 정상류 계산모형에 의하여 모의된 여주지점 수위를 나타내고 있다. 조도계수 0.025일 경우와 0.040 일 경우에 대하여 계산된 수위값은 1-2 m의 차이를 나타내고 있다. 2005년 7월 홍수사상 에 대하여 조도계수를 0.025에서 시작하여 10 %씩 50 %까지 증가시켜가며, 정상류 모형에 의한 계산을 수행하였다. 또한 조도계수를 0.025로 고정시킨 상태에서 층주조정지점 방류량 및 각 지천 유입량을 10 %씩 50 %까지 증가시켜가며 모의계산을 수행하여 여주지점 수위를 구하였다. 이들 각 경우에 대한 여주 지점 수위 계산치는 Table 1에 제시된 바와 같다. 하천 유입 홍수량의 증가율에 따른 민감도와 조도계수의 증가율에 따른 계산수위의 민감도가 거의 동일함을 알 수 있

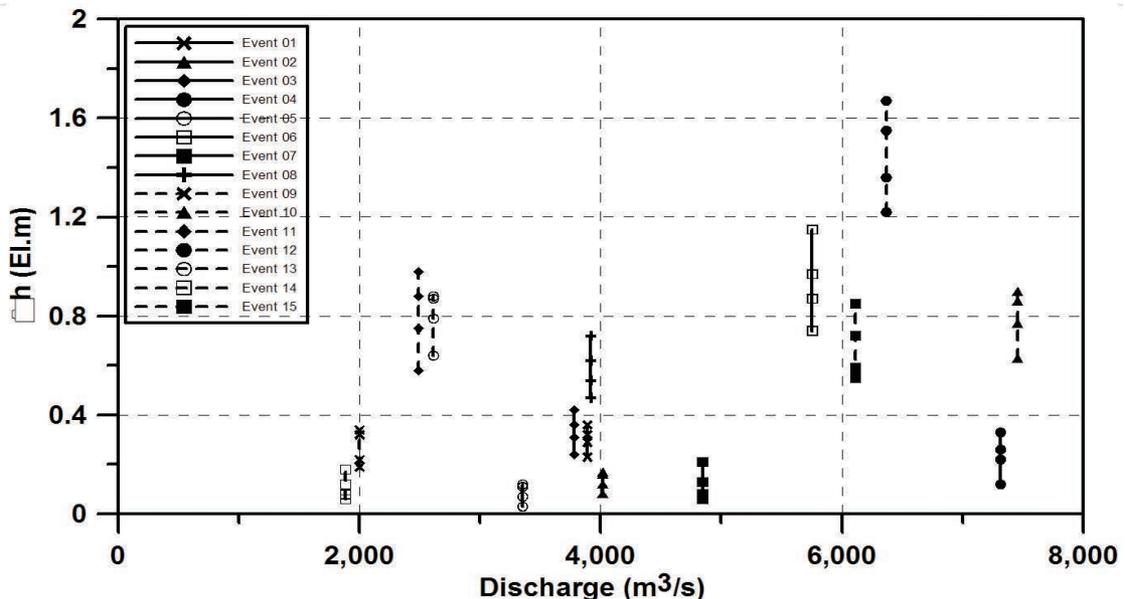


Fig. 1. 정상류 계산수위와 부정류 계산수위 첨두치의 차(여주지점)

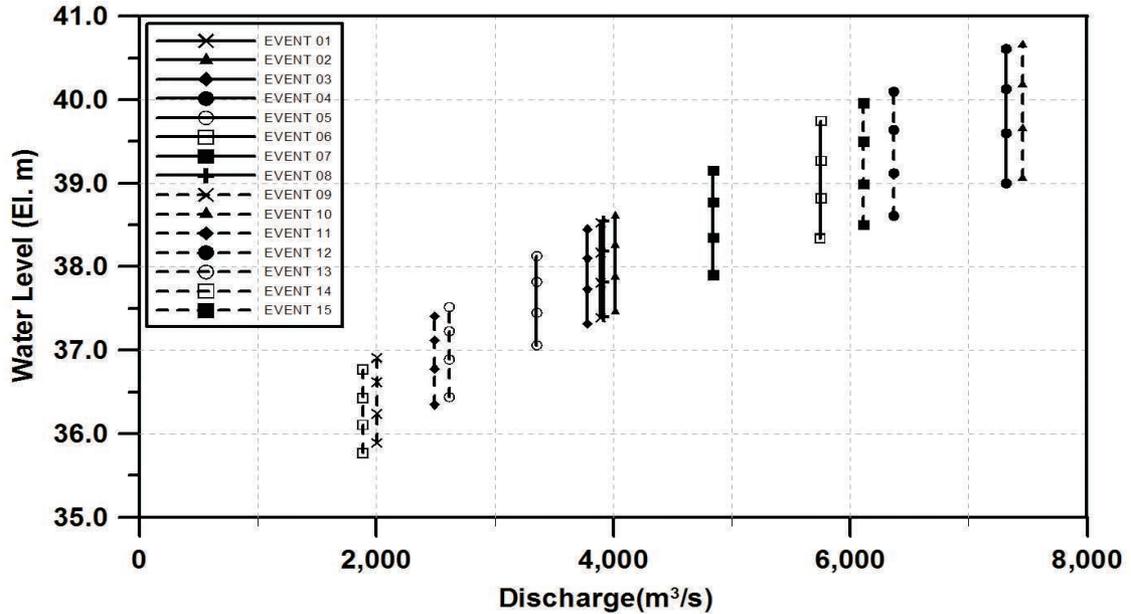


Fig. 2. 정상류 계산모형에 의한 조도계수별 수위 계산결과(여주지점)

다. 부정류 계산결과도 홍수량 증가에 따른 홍수위의 민감도와 조도계수 증가에 따른 민감도가 거의 같음을 보였다.

Fig. 2 와 Table 1 의 결과는 홍수위 산정에 있어서 조도계수가 매우 중요한 요소임을 시사하고 있다. 이는 정상류 계산에 의하여 홍수위를 산정하든, 부정류 계산에 의하여 산정하든 마찬가지이다. 따라서 홍수위 산정에 앞서 적절한 조도계수가 적용될 수 있도록, 그 값의 값을 결정하는 과정이 반드시 선행되어야 한다. 즉, 과거에 발생한 홍수사상에 대한 관측자료를 이용한 모형의 보정을 통하여 조도계수가 추정

되어야 한다. 이러한 점에서 정상류 계산모형에 의한 홍수위 산정은 치명적인 문제점을 안고 있다. 정상류 계산모형이 모의하는 정상상태는 상류의 댐이나 지천으로부터 침투홍수량에 해당하는 홍수량이 지속적으로 유입되는 가상의 상황인데, 그러한 상황은 과거에도 발생한 일이 없고, 앞으로도 발생할 일이 없기 때문이다. 즉, 조도계수가 모형에 의한 계산결과를 좌우하는 결정적인 매개변수임에도 불구하고, 관측자료를 이용하여 조도계수를 추정하는 것이 원천적으로 불가능하다는 것이다.

Table 1. 홍수량 또는 조도계수의 증가에 따른 정상류 계산모형 수위계산결과 예시

증가량	홍수량을 증가시킬 경우		조도계수를 증가시킬 경우	
	계산 수위(El. m)	수위 증가(m)	계산 수위(El. m)	수위 증가(m)
0	38.34	-	38.34	-
10 %	38.59	0.25	38.59	0.25
20 %	38.83	0.49	38.82	0.48
30 %	39.07	0.73	39.05	0.71
40 %	39.30	0.96	39.27	0.93
50 %	39.55	1.21	39.52	1.18

2.3 기점수위

정상류 계산모형을 이용한 홍수위 산정에 있어서 하류단 경계조건으로 소위 기점수위라는 일정한 수위 값을 부여하고 있다. 한강 하류부와 같은 감조하천 구간에 대해서는 약최고 만조위 등을 기점수위 값으로 적용하고 있다. 그러나 이는 시간에 따라 상승과 하강을 반복하는 조석의 물리적인 특성을 반영하지 못하고, 결국 홍수위를 과대 평가하는 결과를 가져온

다. 하류단에 배수문이 설치되어 있는 낙동강이나 경인아라뱃길과 같은 배수체계에 대해서는 기점수위라는 개념이 더욱 설명하기 어려워진다. 배수문의 운영조건이 반영되어야 하는데, 내수위가 외수위와 같게 되도록 운영하는 것은 전혀 아니기 때문이다. 따라서 조석의 영향을 받는 하천구간이나 배수체계에 대해서 기점수위를 적용하여 홍수위를 결정하는 현재의 치수설계 관행은 개선될 필요가 있다.

2.4 개선방향

이상에서 살펴본 바와 같이 정상류 계산을 기반으로 하는 기존의 확률홍수위 산정방법은 합리적이고 과학적인 방향으로 개선될 필요가 있다. 홍수파의 감쇄효과를 반영, 적절한 조도계수의 적용, 조위의 변동 및 그에 따른 하천흐름의 물리적 조건의 충실히 반영을 위해서는 부정류 계산모형에 기반한 홍수위 산정방법이 요구된다. 특히 4대강 사업의 완공에 따라 우리나라의 대하천에는 다수의 보가 건설되었고, 낙동강, 영산강 등 대하천 하구에 배수문이 설치되어 있으므로, 이러한 횡단구조물들의 수문 운영방안을 반영할 수 있어야 하며, 강변 저류지 등의 저류효과를 반영하기 위해서도 부정류 계산모형의 적용이 필수적이다. 또한 하천의 홍수량이 첨두치 수준에 이르렀을 때 하구의 조위조건은 고조위일 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있음. 확률 홍수위 산정에 있어서의 조위조건에 대해서도 확률론적인 접근이 필요하다.

3. 결론

하천의 설계홍수량 및 홍수위의 산정 과정에는 사용자의 주관적인 판단이 개입할 수 있는 여지가 많이 존재하고 있으므로 그 산정과정의 객관화에 대한 논의가 지속되어 왔다. 확률 홍수량 및 홍수위 산정의 임의성과 불확실성은 대하천의 경우 특히 대하천의 경우 크게 되며, 따라서 이를 해소하기 위한 새로운

방법을 도입할 필요가 있다. 현재 하천실무에서는 정상류 모의계산을 통하여 홍수위를 산정하고 있으나, 첨두홍수량과 기점수위 개념에 근거한 이러한 방법은 홍수위의 과대추정 문제를 내포하고 있다. 특히 대하천 감소구간에 대하여 시간에 따라 조위가 변화하는 물리적인 특성을 반영하지 못하고, 기점수위라는 비과학적이고 비현실적인 개념을 채용함으로써 결과적으로 홍수위를 과대평가하는 요인이 되므로, 이에 대한 새로운 접근이 필요하다. 특히 4대강 사업으로 댐, 다기능보, 하구둑 배수문 등 하천횡단 수공구조물들이 다수 설치되어 확률홍수위 산정에 수문의 운영조건을 반영할 필요가 있고, 강변저류지 등의 저류효과를 고려하기 위해서는 부정류 계산모형의 적용이 불가피하다.

“첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단”의 3-4 세세부과제에서는 감소하천에 대한 과학적이고 합리적인 확률홍수위 결정기법을 개발하는 동시에 홍수위 산정을 위한 도구로 계산모형의 개발을 병행하고 있다. 홍수위의 확률분포를 홍수유출량과 조위의 결합 확률분포로 취급하는 새로운면서도 합리적인 접근방법을 도입하여 굴포천 및 경인 아라뱃길 배수체계를 대상으로 그 적용성을 확인하였다. 계산모형의 경우에도 그 골격이 성공적으로 완성되었으며, 향후 4대강 보 및 배수문 운영방안에 대한 부프로그램들을 추가함으로써 4대강 하천구간에 대한 확률홍수위 산정이 가능하도록 할 예정이다. 본 연구에서 개발된 감소하천 구간에 대한 확률홍수위 산정기술을 실무현업에 도입하여 기존의 대하천 치수설계 설계기술 수준을 업그레이드할 수 있을 것으로 판단되며, 계산모형은 국내 대하천 관련 제반 공학적 문제에 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Cunge, J.A., Holly, F.M., Jr., and Verwey, A (1980). *Practical aspects of computational river hydraulics*. Pittman.
2. HEC (2002). *HEC-RAS River analysis system: User's manual, version 3.1*. Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis, Calif.
3. Holly, F.M., Yang, J.C., Schwarz, P., Schaefer, J., Hsu, S.H., and Einhellig, R. (1990). *Numerical simulation of unsteady water and sediment movement in multiply connected networks of mobile-bed channels*, IIHR Report No.343, Iowa Inst. of Hydr. Res., Iowa City, Iowa.
4. Liggett, J.A., and Cunge, J.A. (1975). *Numerical methods of solution of the unsteady flow equations, unsteady flow in open channels*, Water Resour. Publications, Fort Collins, CO, pp. 89-182.