

# 4대강 살리기 사업의 홍수조절 효과분석



전 경 수 ▶▶▶

성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수  
ksjun@skku.edu

## 1. 머릿말

단일 사업으로는 전국 이래 최대의 국책사업이라는 4대강 살리기 사업이 2012년 완공을 목표로 현재 추진 중에 있다. 4대강 살리기 사업은 한국형 그린 뉴딜(Green New Deal) 정책의 일부로서, 물 부족 완화를 위한 수자원 확보, 홍수 조절을 위한 포괄적인 정책수립, 수질 개선 및 생태계의 복원, 강을 중심으로 한 지역 사회의 발전 및 복합 공간 창출 등의 목적을 가지고 있다. 이를 위하여 4대강 본류에 16개의 다기능 보 건설, 5.2 억 m<sup>3</sup>의 준설, 노후제방 보강, 1,728 km의 자전거 도로 설치, 생태하천 조성 등을 계획하고 있다.

4대강 살리기 사업에 있어서 가장 주요하고 시급한 과제 중의 하나가 바로 수해예방을 위한 홍수대책 마련이다. 최근의 전 세계적으로 발생하고 있는 기후변화로 인하여 우리나라에서도 지난 15년간 하천 내의 수공 구조물의 설계 홍수량을 초과하는 대규모의 홍수가 빈발하고 있다. 기존의 우리나라의 치수대책은 주로 하도 내에서 홍수를 관리하는 구조적 방법들, 특히 제방에 의존하여 왔다. 이러한 댐과 제방 위

주의 치수대책은 기상이변 등에 의하여 발생할 수 있는 극한 홍수재해에 취약하다는 문제점을 안고 있다. 이를 해결하기 위하여 4대강 살리기 사업에서는 대규모의 하상준설을 통하여, 하도 내에서의 홍수위 저감 효과를 기대하고 있다.

또한 4대강 살리기 사업에서는 물 부족 및 가뭄에 대비하기 위한 하천 내의 효율적인 수자원 관리를 위하여, 총 16개의 다기능 보를 설치하여 하도 준설과 더불어 8억 m<sup>3</sup>의 용수확보를 목표로 하고 있다. 일반적으로 하도 준설은 홍수위를 낮추는 효과가 있는 반면, 보의 건설은 보 상류 지역의 수위를 상승시키기 마련이다. 따라서 이러한 하도 준설과 보의 건설이 하천에서의 홍수위에 미치는 영향에 대한 공학적 검토가 필요하다.

본고에서는 4대강 살리기 사업에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 낙동강 살리기 사업과 더불어 한강 살리기 사업이 홍수 시 하천에서의 흐름에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위하여 한강 및 낙동강의 사업 전과 후에 대하여 각각 부정류 모형을 수립하였으며, 과거 홍수사상을 적용하여 모의기간 내의 최대 홍수위를 비교, 검토하였다.

## 2. 모형의 수립

본고에서 사용한 모형은 동역학적 하도 추적 모형인 폐합형 수계모형이다. 폐합형 수계 모형은 지천 유입지점, 월류형 수공구조물에서 발생하는 다양한

형태의 흐름을 간편하게 처리할 수 있다(전경수, 1996). 현재 건설 중인 다기능 보는 어도와 교각, 고수부지 및 가동보와 고정보를 포함한 다기능 보로서, 이러한 다기능 보가 건설된 지점에서의 홍수 시 하천 흐름은 가동보와 고정보 측에서 발생하는 월류 흐름과 고수부지 측에서 발생하는 하도형 흐름이 합쳐진 복합 흐름이 된다. 이를 모의하기 위하여 다기능 보가 위치한 지점의 상·하류단에 절점을 추가하였으며, 두 절점사이에는 가동보와 고정보 양측 모두에서 월류 흐름이 발생하는 복합위어흐름(composite weir flow) 및 고수부지에서의 하도형 흐름을 각각 모의하도록 수로로 연결하였다.

한강 살리기 사업의 효과 분석을 위한 모형의 적용 대상구간은 충주 조정지대에서 팔당댐의 남한강 구간으로, 청평댐에서 남북한강 합류점까지는 상당한 거리가 있기 때문에 수리학적 계산을 수행하였다. 이에 따른 사업 후의 모형의 모식도는 그림 1(a)와 같다. 상류단 경계조건은 충주 조정지댐과 청평댐 방류량이며, 하류단 경계조건은 팔당댐 관리 수위이다. 주요 지천으로는 섬강, 청미천, 양화천, 복화천, 흑천 및 정안천을 모형에 포함하였다. 낙동강 살리기 사업에 대한 모형의 적용 대상구간은 반변천 합류점에서 하구둑의 낙동강 구간이며, 이에 따른 사업 후의 모형의 모식도는 그림 1(b)와 같다. 상류단 경계조건은 안동 조정지댐과 임하댐 방류량의 합이며, 하류단 경계조건은 하구연 내수위이다. 주요 지천으로는 미천, 내성천, 영강, 병성천, 위천, 감천, 금호강, 회천, 황

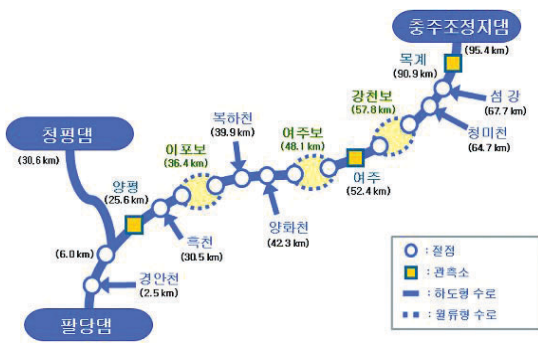
강, 남강, 청도천, 밀양강, 영산강 등 13 개의 지천을 모형에 포함하였다.

지천 유입량은 각 지천의 상류에 댐이 포함된 경우에는 모의 기간 내의 댐 방류량을 사용하였으며, 댐이 존재하지 않는 경우에는 각 지천에서의 관측지점의 수위자료를 수위-유량 관계식을 사용하여 유량으로 환산하여 본류에 유입되도록 하였다. 관측 지점이 없는 경우에는 인접 지천과의 유역 면적 비를 사용하여 유량을 산정하였다.

### 3. 과거 홍수사상에 대한 모의

한강 및 낙동강 살리기 사업의 홍수 조절 효과를 분석하기 위하여 과거 홍수사상을 선정하였다. 한강 구간에 대하여는 2006년 7월 홍수사상을 적용하였으며, 낙동강 구간에 대해서는 태풍 매미(2003)에 의한 홍수사상을 모의하였다. 우선, 각 홍수사상을 사업 전의 하도에 대하여 수립된 모형에 적용하였으며, 매개변수 추정을 실시하였다. 추정된 매개변수를 사용하여, 동일한 홍수사상을 사업 후의 하도에 대한 모형으로 각 홍수사상을 모의하였다. 마지막으로 각 홍수사상의 모의 기간 내에 계산된 최대 홍수위를 비교하였다.

모형의 매개변수로서 Manning의 조도계수를 추정하였다. 이를 위한 목적함수로는 다음과 같이 관측 지점에서의 매 시간 수위 관측치와 계산치간의 오차 제곱합이 최소화되도록 하는 최적화 기법을 사용하였



(a) 한강



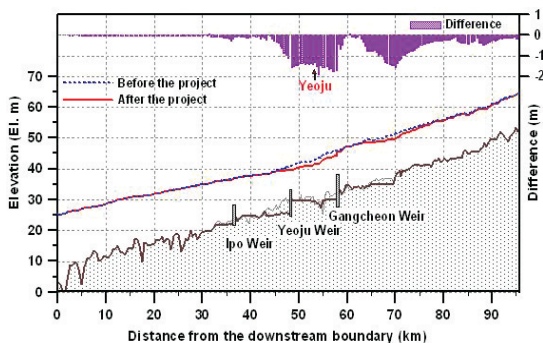
(b) 낙동강

그림 1. 사업 후의 대상하천 구간에 대한 모식도

다. 최적 추정 방법으로는 Gauss-Newton 방법에 Marquardt (1963)의 기법을 적용한 수정 Gauss-Newton 방법이 적용되었으며, 이를 위하여 상용 소프트웨어인 PEST (Doherty, 2000)가 사용되었다. 추정에 사용된 수위 관측치는 한강 구간에서는 여주 관측소이며, 2006년 7월 홍수에 대하여 추정된 조도계수 값은 0.0315 이다. 낙동강 구간의 관측 자료는 왜관 관측소의 자료이며, 태풍 매미(2003) 홍수기간 내의 결측 자료는 선형 보간 하여 추정에 사용하였다. 매개변수 추정 결과 산정된 조도계수의 값은 0.0324 이다.

추정된 매개변수를 사용하여 사업 전과 후에 대하여 각 홍수사상을 모의하였다. 상류단 경계 조건 및 각 지천 유입량은 2장에서 설명한 바와 같다. 하류단 경계조건으로는 팔당댐과 낙동강 하구둑의 관리 수위인 El. 25.0 m 및 El. 0.76 m로 사업 전과 후 모형 모두에 대하여 모의 기간 동안 일정하게 부여하였다. 사업 후 모형의 초기 유량 및 수위는 상주보와 강천보 하류 구간에 대해서는 초기 유량은 0 m<sup>3</sup>이며, 각 구간별 하류 측에 위치한 다기능 보의 관리수위를 초기 수위로 적용하였다. 상주보와 강천보 상류 구간에서는 홍수 초기의 상류단 및 지천 유입량을 초기 유량으로 하였으며, 초기 유량에 의한 정상류 모의를 통하여 초기 수위를 산정하였다. 또한 다기능 보에서의 가동보는 홍수 시작과 동시에 완전 개방하는 것으로 모의하였다.

사업 전과 사업 후에 대하여 홍수기간 내에 계산된

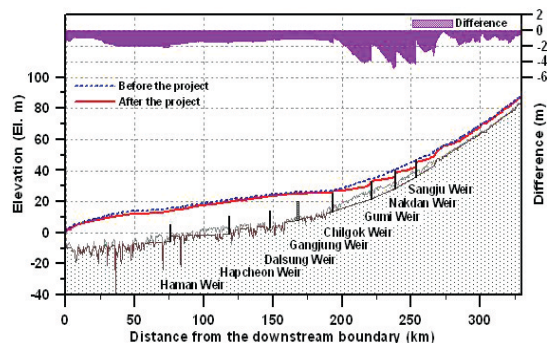


(a) 한강 (2006년 7월 홍수)

각 계산점에서의 최대 홍수위를 그림 2에 나타내었다. 모의 결과 사업이 완료된 후, 한강과 낙동강 모두 전 구간에 걸쳐 최대 홍수위가 사업 전에 비하여 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 하도 준설에 의한 홍수위의 저감 효과가 다기능 보 건설로 인한 수위의 증가보다 크다는 것을 의미한다. 또한 다기능 보에서의 가동보가 모두 개방될 경우, 홍수 시의 통수능이 충분히 확보됨을 나타낸다. 한강의 경우, 홍수위의 저감 효과는 여주보와 강천보 사이에서 주로 발생하며, 그 외의 구간에서는 대부분 1.0 m 미만의 저감효과가 나타났다. 반면에 낙동강의 경우에는 대부분의 구간에서 홍수위 저감효과는 1.0 m 이상으로 나타났으며, 칠곡보와 상주보 사이의 구간에서 저감효과가 주로 발생하였다. 한강과 낙동강의 홍수위 저감효과가 차이가 나는 이유는 낙동강의 준설량(4.4억 m<sup>3</sup>)이 한강(0.5억 m<sup>3</sup>)에 비하여 10배 가까이 크기 때문이다. 또한 낙동강 상류 구간에서는 다기능 보의 설치의 영향으로 보 직상류에 가까운 구간에서는 최대 홍수위차가 점차 감소하게 되며, 직하류 구간에서는 하도정비의 영향으로 인하여 수위차가 다시 커지는 것으로 나타났다.

#### 4. 맺음말


4대강 살리기 사업의 홍수조절 효과를 알아보기 위하여, 한강과 낙동강에 대하여 부정류 모의를 실시



(b) 낙동강 (태풍 매미, 2003)

그림 2. 사업 전·후의 홍수 기간 내의 최대 홍수위 계산 결과

하였다. 사업 전과 후에 대하여 모형을 수립하였으며, 한강 및 낙동강에 대하여 2006년 7월 홍수와 태풍 매미(2003)의 홍수사상을 각각 적용하였다. 우선 사업 전 하도에 대하여 수립된 모형에 각 홍수사상을 적용하여, 모형의 매개변수를 추정하였다. 이후 추정된 매개변수를 사용하여, 사업 전과 후의 모형으로 각 홍수사상을 모의하였다. 모의 기간 내의 각 계산점에서의 최대 홍수위를 계산하였으며, 이를 비교하였다. 사업이 완료된 후, 한강 및 낙동강에서의 최대 홍수위는 전 구간에서 감소하는 것으로 나타났다. 이

는 준설에 의한 홍수위 저감 효과가 다기능 보 건설에 의한 수위 상승효과 보다 크다는 것을 의미한다. 홍수위 저감효과는 준설량이 많은 낙동강에서 크게 나타났으며, 상주보에서 칠곡보 구간에서 주로 발생하는 것으로 모의되었다. 또한 보 직상류 구간에 비하여 직하류 구간에서 준설의 효과는 크게 나타났다. 상류 구간에 비하여 하상 경사가 작은 칠곡보 하류 구간에서는 하구둑 배수위의 영향으로 인하여, 사업 전·후의 수위차가 비교적 고르게 발생하였다. 

### 참고문헌

1. 전경수 (1996). “월류흐름을 포함한 부정류 계산모형에 관한 연구.” *한국수자원학회지*, 제29권, 제2호, pp. 153-165.
2. Doherty, J. (2000). *Visual PEST: Model-Independent Parameter Estimation*, Watermark Computing & Waterloo Hydrogeologic, Waterloo, Ontario, Canada.
3. Marquardt, D.W. (1963). “An algorithm for least-square estimation of nonlinear parameters.” *J. Soc. of Ind. and Appl. Math.* Vol.11, No.2, pp. 431-441.