

# 서해 조위로 인한 한강의 흐름특성분석

○김상호\*·김원\*·김동구\*\*

## 1. 서론

최근에 자주 발생하는 홍수피해의 방지 및 최소화를 위해서는 하천에서 발생하는 흐름의 특성에 대한 정확한 조사와 분석이 필수적이다. 한강 본류의 흐름에는 팔당댐의 방류량, 서해안의 조석, 임진강을 비롯한 여러 지류에서 유입되는 홍수량, 교량과 수중보와 같은 인위적인 구조물 등 여러 가지 요인들이 작용하여 매우 복잡한 양상을 나타내고 있다. 특히 임진강을 포함한 한강 하류부의 경우 서해안의 조위의 영향을 직접적으로 받는 구간으로 조위의 영향을 고려하여 홍수방어계획을 수립해야 하고, 정확한 조위와 홍수의 관계를 바탕으로 홍수 예경보를 실시해야 한다.

본 연구에서는 2000년도에 실시된 하천 측량성과 자료들을 수집하여 실제 하도형상 자료를 바탕으로 수리학적 모형을 구축하였으며, 이를 이용하여 팔당댐에서 한강 하구까지의 흐름을 모의함으로써 서해의 조위가 한강 및 임진강의 흐름에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## 2. 수리학적 모형의 구축

하천의 흐름해석을 위한 수리학적 모형을 구축하는데 있어서 가장 중요한 부분은 하도의 지형자료를 정확하게 반영하는 것이다. 현재 국내에서 하천의 흐름해석에 널리 사용되고 있는 DWOPER 모형을 이용하여 하도의 지형자료를 나타내는 수위-하폭 관계자료를 실측된 하상자료로부터 구할 경우 필요한 자료구축에 상당한 시간과 노력이 요구되는 어려움이 있다. 본 연구에서는 하도에 대한 중횡단 측량자료인 HEC-2 단면자료를 자료의 변형없이 DWOPER 모형에 대한 입력자료로서 활용할 수 있도록 개발된 DWOPER-2K 모형(김상호 등, 2000)을 이용함으로써 수리학적 홍수추적을 수행하고자 한다.

모의를 위한 대상구간은 팔당댐에서 월곶리까지 91.35 km의 226개 단면으로 구성된 한강 본류 구간과 이 구간에 존재하는 임진강을 비롯한 왕숙천, 탄천, 중랑천, 안양천 등 5개의 주요 지류구

---

\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

간에 대해 2000년도에 실시된 하천측량성과 자료들을 이용하여 모형을 구축하였다.

### 3. 실제 하천에 대한 적용

한강 본류와 5개의 지류구간에 대해 구축된 모형의 보정 및 검증을 위해 표 1과 같은 10개의 사상을 적용하였다. 모형에 대한 최적의 조도계수를 구축하기 위해 2000년도 4개의 사상에 대해서 한국해양연구소에서 수행하는 한강 하구부 조위관측에서 한강 본류의 한강대교, 신곡수중보 상·하, 월곶 그리고 임진강의 리비교(장파리), 통일대교에서의 실측 수위자료와 건설교통부와 서울시에서 운영하는 한강의 주요 관측점에서의 실측 수위자료를 이용하여, 건설교통부(1997)에서 기산정한 값들을 기초로 하여 2000년도 4개의 사상을 가장 잘 재현해 내도록 반복작업을 통해 조도계수를 산정하였다. 구축된 모형을 각 사상에 적용하기 위해 상류단 경계조건으로는 해당되는 기간의 팔당댐 방류량을 사용하였으며, 하류단 경계조건으로는 2000년도의 경우 한국해양연구소의 월곶에서 실측한 수위자료를 이용하였으며, 그 이전의 사상에 대해서는 강화도의 조위자료로부터 조화분석을 통한 예측조위자료를 이용하였다.

표 1. 모형에 적용된 사상

	대 상 기 간	팔당댐 최대 방류량(cms)	비 고
보 정	2000년 7월 21일 ~ 7월 25일	5,190	홍수기
	2000년 8월 25일 ~ 8월 30일	8,080	홍수기
	2000년 8월 8일 ~ 8월 10일	820	비홍수기
	2000년 8월 21일 ~ 8월 23일	1,890	비홍수기
검 증	1999년 7월 30일 ~ 8월 4일	18,750	홍수기
	1998년 8월 5일 ~ 8월 11일	17,700	홍수기
	1997년 6월 30일 ~ 7월 2일	8,070	홍수기
	1997년 8월 3일 ~ 8월 5일	6,840	홍수기
	1996년 7월 26일 ~ 7월 29일	12,590	홍수기
	1995년 8월 22일 ~ 8월 28일	24,960	홍수기

그림 1은 2000년 7월 사상에 대한 모의결과를 나타내고 있다. 한강 본류에서는 신곡수중보를 중심으로 상류쪽으로 저수위에서 실제 관측수위보다 계산수위가 약간 높게 나타나는 경향이 있을뿐 첨두부를 포함한 전반적인 양상은 상당히 잘 일치하는 것으로 나타났으며, 특히 저수위에서 조위의 영향을 잘 나타내고 있었다. 임진강의 리비교와 통일대교에서도 실측 수위와 잘 일치하고 있으며 조위의 영향을 잘 재현해내고 있음을 알 수 있다. 그림 2는 한강 본류와 임진강에 대한 전체 하도에서의 각 시간별 수위형상을 나타내고 있다. 한강 본류에서는 월곶의 조위영향이 신곡수중보에서 급격하게 감소된 후 잠실수중보 직하류부까지 영향이 나타나는 것을 알 수 있는데 이러한 현상은 그림 1에서도 확인할 수 있다. 임진강에서는 한강 본류의 조위의 영향으로 인한 수위의 변

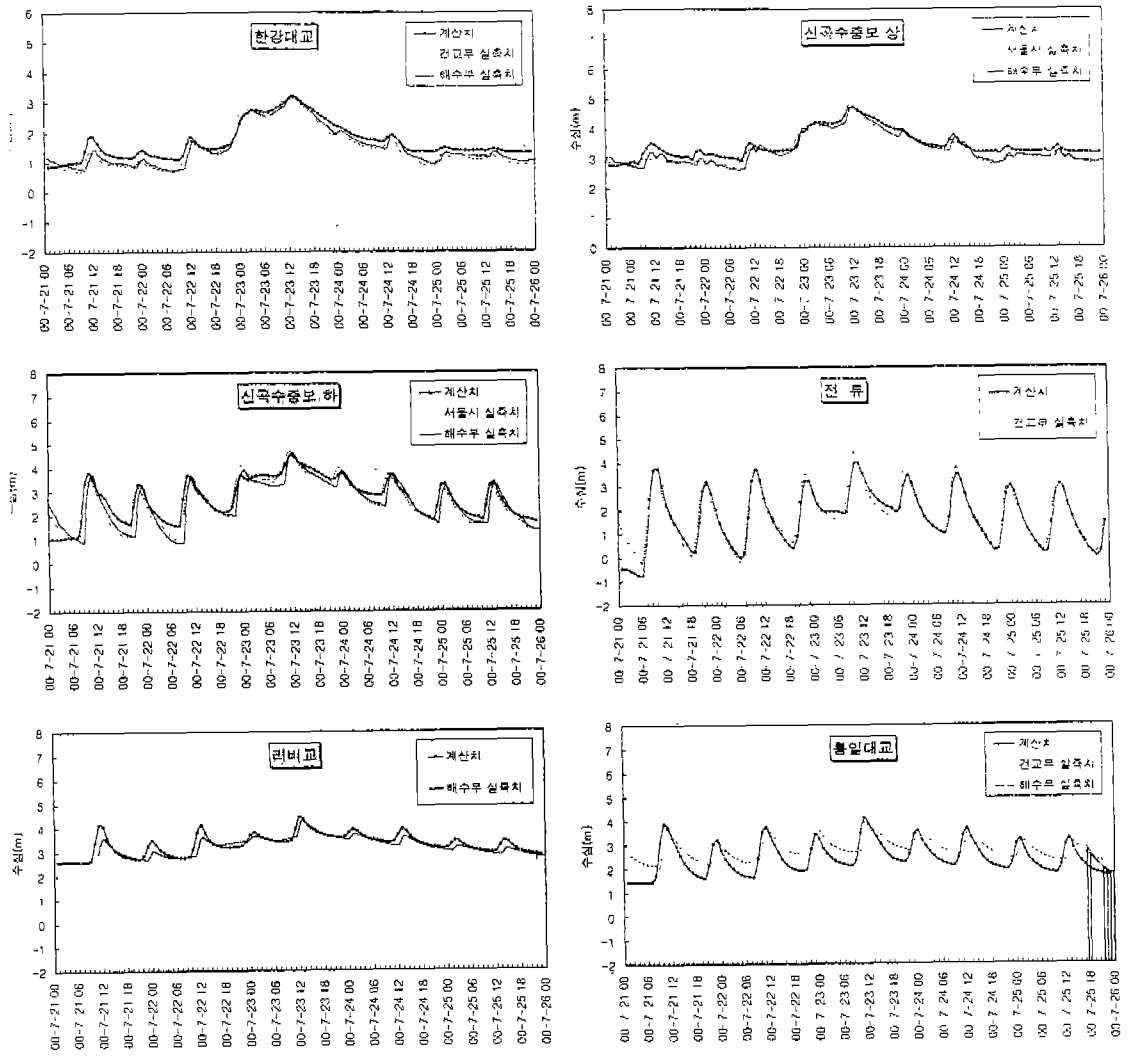


그림 1. 2000년 7월 사상에 대한 모의결과

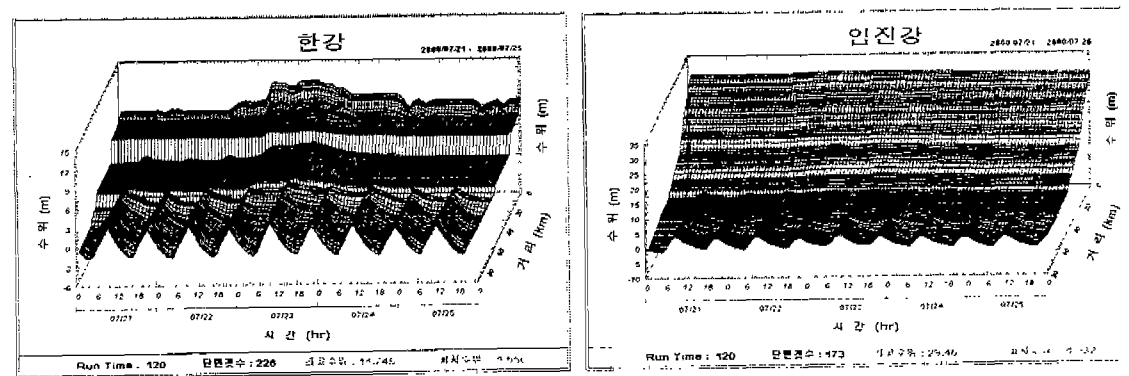


그림 2. 2000년 7월 사상에 대한 3차원 수위종단도

등이 임진강 상류로 전파되는 양상이 잘 나타나고 있었으며, 그 영향이 배수위 효과가 나타나는 41.78 km 지점까지 나타나고 있었다.

그림 3은 팔당댐의 방류량이 300~820 cms 정도인 비홍수기에 해당하는 2000년 8월 8일~8월 10일 기간에 대한 주요 지점에서의 모의결과를 나타내고 있으며, 그림 4는 1999년 7월에 발생한 홍수사상에 대한 모형의 검증결과를 나타내고 있는데 비교적 실측 수위자료와 전반적으로 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다. 여기서 그림 3의 한강대교 지점에서는 조위의 영향이 거의 나타나지 않은 것을 볼 수 있다. 이는 이 기간의 월곶 조차가 3.87 m로 상당히 낮은 조고를 나타내고 있었는데 상류로 전파되는 조석의 효과가 신곡수중보로 인해서 많이 사라지는 것을 확인할 수 있었다. 임진강에서는 한강 본류의 유량과 월곶의 조차의 영향으로 인해 통일대교에서 조

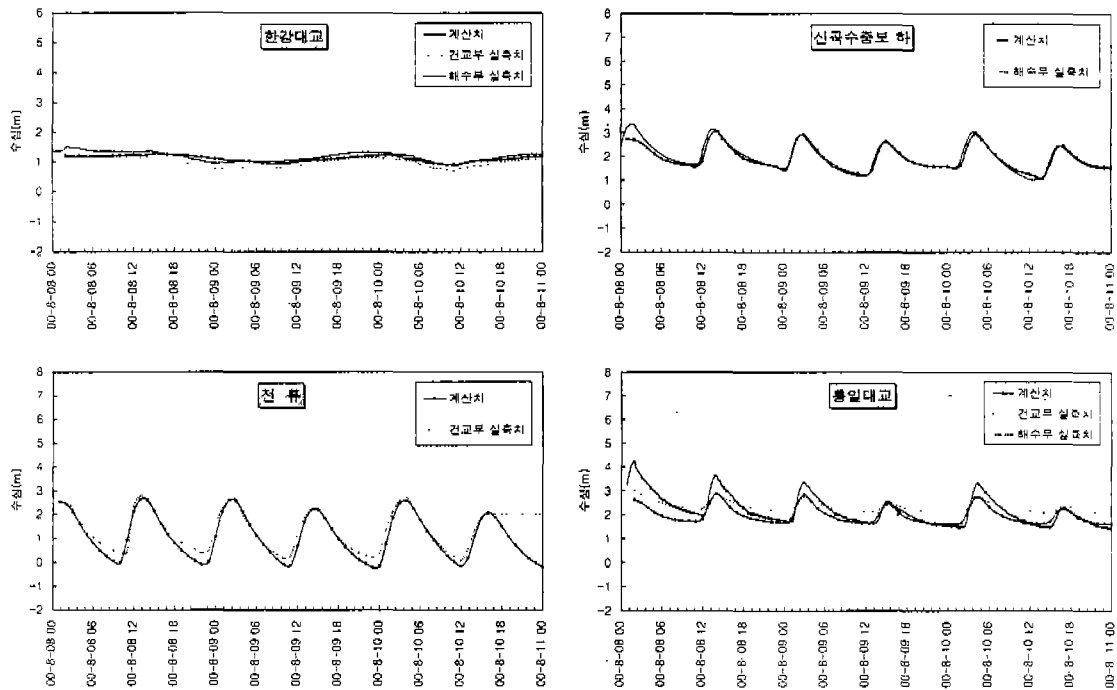


그림 3. 2000년 8월 8일 사상에 대한 모의결과

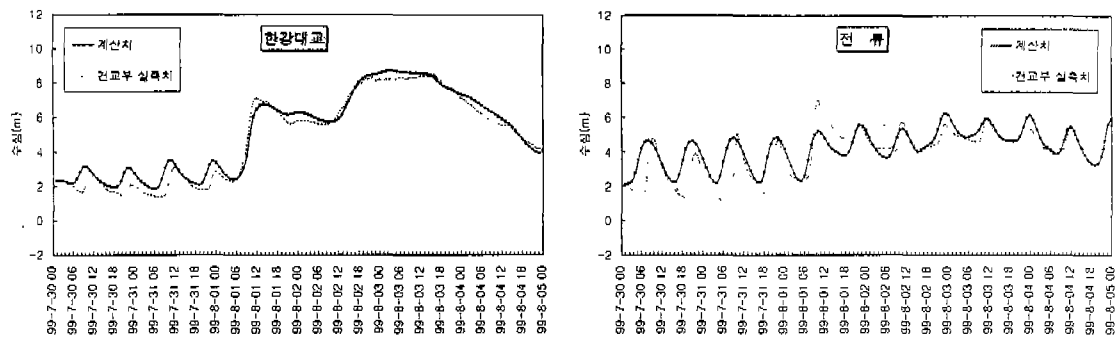


그림 4. 1999년 7월 사상에 대한 모의결과

위의 영향이 2000년 7월의 경우와 비교해서 비교적 작게 나타나고 있었다. 그러나 이러한 조석의 영향은 배수위가 영향을 미치는 지점까지 미약하게나마 계속 나타나고 있었다.

#### 4. 조석변화에 따른 흐름분석

한강 하류부 월곶지점에서의 조석의 변화로 인한 본류부의 흐름변화를 살펴보기 위하여 한국 해양연구소에서 관측한 월곶지점의 2000년 7월 21일부터 9월 3일까지의 조위자료를 바탕으로 그림 5에서와 같이 최대조차가 6.815 m(Case-1), 최소조차가 3.874 m(Case-3) 그리고 중간규모인 5.459 m(Case-2)인 세 가지 규모의 조석을 선정하여 최대 홍수량이 8,080 cms인 2000년 8월 25일과 최대 홍수량이 24,960 cms로 과거 홍수사상 중 가장 큰 규모인 1995년 8월 22일에 발생한 사상에 대해 적용해 보았다. 먼저 실제 발생한 조위를 가정조위와 함께 그림 5에서와 같이 비교하였는데 2000년 8월 사상의 조위는 후반부에서 만조위가 Case-1의 경우와 유사한 크기로 나타나고 있지만, 1995년 8월의 경우는 조위 전체가 중간규모인 Case-2의 경우와 유사한 양상을 나타내고 있다.

그림 6에서는 이러한 가정조위를 이용하여 두 가지 사상에 대한 모의결과를 나타내고 있다.

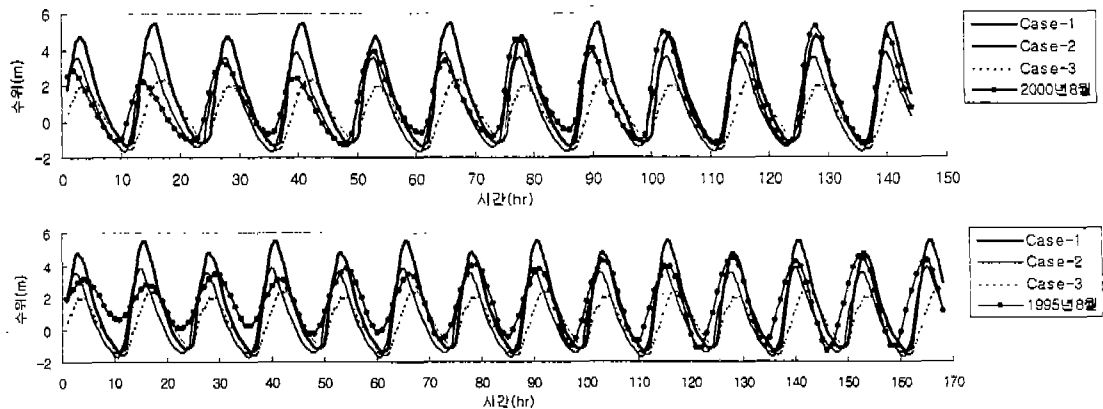


그림 5. 실제 조위와 가상조위와의 비교

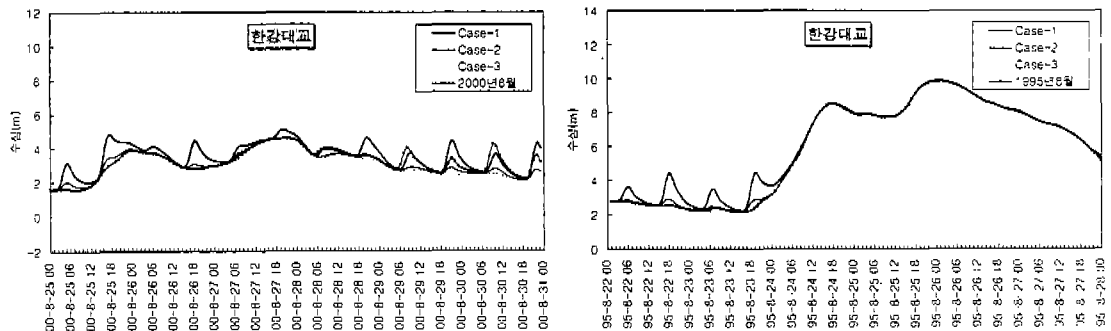


그림 6. 가상조위를 이용한 모의결과의 비교

최대 홍수량이 비교적 작은 2000년 8월의 모의결과를 한강대교 지점에 대해서 살펴보면 이 지점의 최대 홍수위는 Case-1의 조위자료를 이용한 모의결과가 실제 발생한 최고 수위보다 0.52 m 정도의 수위상승이 발생하는 것으로 나타났으며, Case-2의 경우는 0.03 m 상승하는 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었으며, Case-3의 경우는 월곶의 만조위가 시간에 따라 1 m 이상 낮아짐에도 불구하고 최대수위는 0.04 m 정도만 감소하는 것을 확인할 수 있다. 최고 홍수량이 상당히 큰 규모에 속하는 1995년 8월 사상의 경우는 저수위에서 조차의 높이에 따라 조석의 영향이 나타나고 있으나 고수위에서는 조차의 높이에 상관없이 모두 동일한 결과가 나타나고 있었다. 이러한 결과를 통하여 한강대교 지점에서는 저수위에서는 월곶의 조위에 따라 조석의 영향이 서로 다르게 나타나고 있으나 고수위에서는 상류단에서의 홍수량이 증가할수록 조석의 영향이 점차 사라지는 것을 확인할 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 수리학적 모형을 이용하여 팔당댐에서 한강 하구까지의 흐름을 모의하여 서해의 조위가 한강 및 임진강의 흐름에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이를 위하여 2000년도에 실시된 하천 측량성과 자료들을 이용하여 모형을 구축하였으며 1995년에서 2000년 동안 발생한 홍수사상과 그 홍수발생 기간에서의 서해안 조위자료를 이용하였다. 2000년도에 4개 사상에 대한 주요 관측점에서 실측된 수위자료를 이용하여 조도계수를 산정하였으며, 1995년에서 1999년까지의 홍수사상을 이용하여 모형의 검증을 실시하였다. 그리고 서해안의 조위가 한강 본류부 및 임진강의 흐름에 미치는 영향을 검토하였다.

또한, 한강에서의 흐름양상과 서해안 조위와의 영향분석을 위해 월곶지점의 실제 관측수위를 바탕으로 한 가상조위자료를 생성하여 2000년 8월과 1995년 8월 홍수사상에 대해 조위자료의 변화에 따른 한강 본류에서의 흐름특성을 살펴보았다. 이와 같은 서해안의 조위가 한강 및 임진강에 미치는 영향을 정량적으로 분석함으로써 최근에 빈발하는 한강 수계 및 임진강에서의 홍수피해의 저감뿐만 아니라 하구의 효율적인 관리, 수자원의 이용 등에 기여하는 바가 클 것으로 사료된다.

## 6. 참고문헌

건설교통부 한강홍수통제소 (1995~2000). **한강홍수예경보**.  
 건설교통부 한강홍수통제소 (1997). **수리학적 모형을 이용한 한강 상류부 하도의 홍수예측모형 개발**.  
 건설교통부 한강홍수통제소 (2000). **한강(하류) 및 임진강 유역 유량측정 보고서**.  
 김상호, 김창완, 김원, 한건연 (2000). "HEC-2 자료를 이용한 DWOPER-2K 모형의 개발." **2000년도 대한토목학회 학술발표회 논문집(III)**, 대한토목학회, pp. 213-216.  
 Fread, D.L. (1985). *National Weather Service Operational Dynamic Wave Model*. Hydrologic Research Laboratory, NWS.