

한강분류에 대한 실측조위와 예측조위의 영향분석

○김 상 호* · 김 원** · 김 동 구*** · 최 홍 식****

1. 서 론

서해안의 조위는 평상시뿐만 아니라 홍수시에도 한강과 임진강에 영향을 미치고 있어 수위, 유속 등이 연속적으로 변화하게 한다. 조위의 영향으로 한강 분류의 많은 부분에서 수위상승이 발생하며 일부 구간에서는 역류가 발생하여 하류에서 상류로의 흐름이 발생하기도 한다. 조석 변화는 일정하지 않고 기간에 따라 그 크기가 지속적으로 변화하는데 하구에서 발생하는 조위 영향은 상류에서 내려오는 유량과 밀접한 관계를 가지고 그 영향범위가 결정된다.

이와 같은 조위의 흐름영향에 대한 모의를 위해서는 무엇보다 정확한 조위자료가 수리학적 모형에 입력되어야 한다. 그러나 한강 하류부는 군사분계선이 위치한 접적지역이기 때문에 1945년 이전에는 몇 차례 조위측정이 이루어진 적이 있지만 근래에는 실제 조위측정이 거의 이루어지지 않아 정확한 조위자료가 없으며, 인천항의 조위를 월곶지점의 조위로 변경하여 사용하고 있다. 또한, 임진강 일부와 한강 하구부에서는 하상, 흐름, 유속 등의 측정이 불가능하여 흐름해석을 위한 기초자료가 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 최근 한국해양연구원에서 한강 및 임진강 하류부 감조지역의 주요 지점에서 관측한 홍수기와 비홍수기 6개월간의 조위자료를 토대로 인천항에서 관측한 조위자료를 월곶지점의 조위로 변경한 예측조위와의 비교분석을 통하여 서해안에서 발생하는 조위자료의 정확도에 따른 한강 분류부에서 홍수위의 모의결과에 대한 영향을 분석하고자 한다.

2. 대상구간에 대한 수리학적 모형의 구축

한강 유역에 대한 동수역학적 홍수추적모형을 구축하기 위해 DWOPER-2K 모형(김상호 등, 2000)을 중심으로 하상자료를 구축하였다. 모의를 위한 대상구간은 그림 1에서 보는 바와 같이 한강 상류단인 팔당댐에서부터 한강하구부인 월곶지점까지 91.35km이며, 임진강을 비롯한 왕숙천, 탄천, 중랑천, 안양천과 같이 분류로 유입되는 주요 지천들을 모두 고려하였다. 여기서 한강 분류

* 상지대학교 이공과대학 토목공학과 전임강사

** 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

*** 한국건설기술연구원 수자원환경부 연구원

**** 상지대학교 이공과대학 토목공학과 부교수

부에 대한 하도 단면자료는 2000년에 한강 하천기본계획을 위해 서울지방국토관리청에서 측량한 자료를 이용하였으며, 임진강을 포함한 5개의 주요 지류도 2000년에 실시한 단면측량자료를 이용하였다.

모형에 대한 최적의 조도계수를 구축하기 위해서 한국해양연구소에서 한강 하구부 조위관측을 위해 한강 본류의 한강대교, 신곡수중보 상·하, 월곶에서의 실측 수위자료와 건설교통부와 서울시에서 운영하는 한강의 주요 관측점에서의 실측 수위자료를 이용하여 표 1과 같은 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 이용하였다.

3. 예측조위와 실측조위의 비교

본 연구에서는 한강 하류부의 감조현상으로 인해 발생하는 흐름양상을 보다 정확하게 해석하기 위해 인천항에 대한 1987년부터 2000년까지의 과거 조위자료를 국립해양조사원에서 입수하였으며, 이러한 인천항의 조위자료는 조화분석을 실시하여 월곶지점이나 강화대교지점의 조위로 변환하였다. 이렇게 변환된 예측조위에 대한 정확성을 확인하기 위해 한국해양연구소에서 2000년 7월 21일부터 9월 3일까지 월곶지점에 대해 관측한 조위자료와 비교하였다. 그림 2는 한국해양연구소에서 관측한 실제 조위자료를 나타내고 있으며, 그림 3은 조화분석을 토대로 예측된 조위자료를 그림 2의 한국해양연구소에서 관측한 동일기간에 대해 나타내고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 관측된 조위자료와 예측된 조위자료간에는 상당한 차이를 나타내고 있다. 그림 2의 관측된 조위자료에서는 만조위의 대조고와 소조고의 차이가 뚜렷하게 나타나 시간

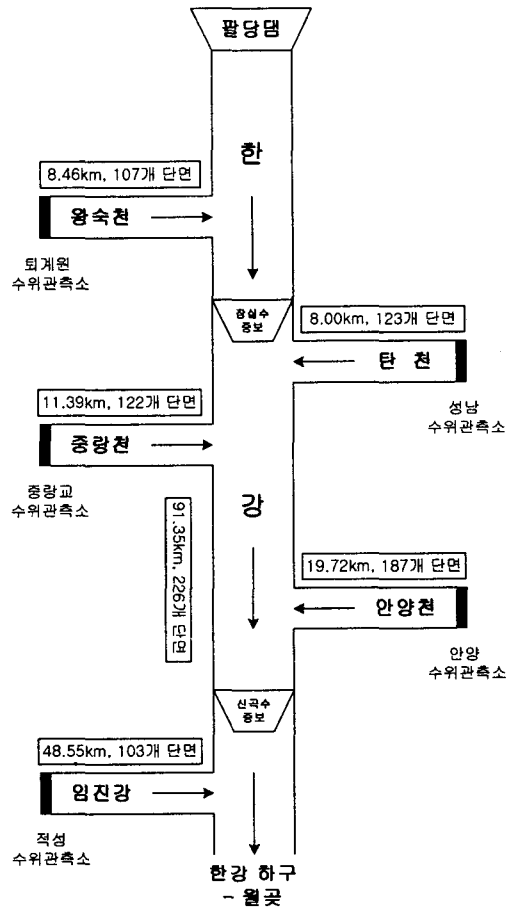


그림 1. 대상유역에 대한 모식도

표 1. 조도계수 구축을 위한 홍수사상

대상기간	팔당댐 최대 방류량(cms)	비고
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

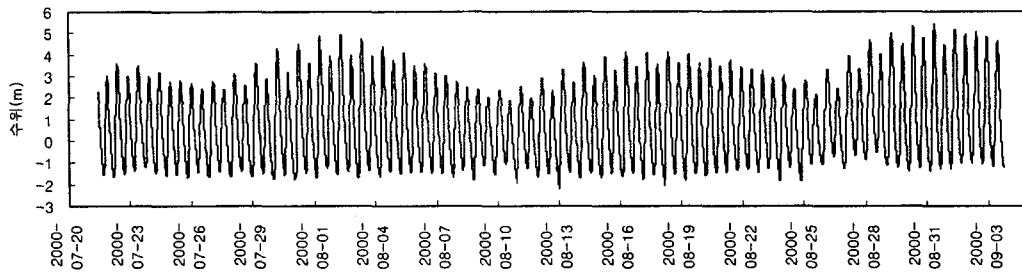


그림 2. 월곶지점에서 관측된 조위자료

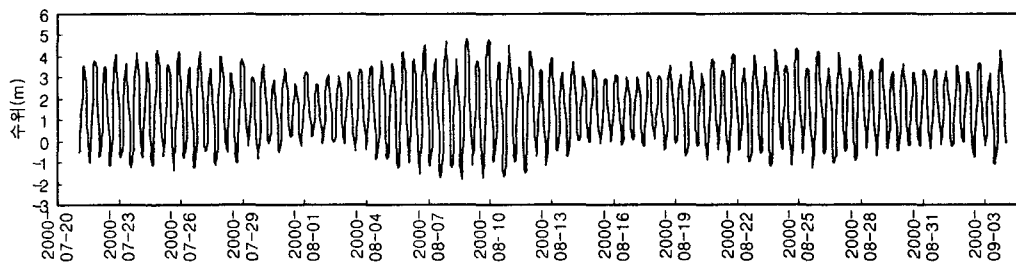


그림 3. 월곶지점에서 예측된 조위자료

에 따른 만조위의 변화가 상당히 크게 나타나고 있으며 간조위는 전반적으로 조위변화가 없으며 한강 본류의 홍수량이 많아지는 홍수기에 약간 높아지는 것을 알 수 있다. 그러나 조화분석을 통해 예측된 조위자료인 그림 3에서는 평균 수위를 중심으로 만조위와 간조위가 대칭을 이루며 수위변화가 나타나고 있다. 이러한 조위특징은 하천의 흐름영향이 없는 인천항에서 나타나는 조석의 특징인데 조화분석을 통해 월곶지점의 조위를 예측함으로써 그 영향이 그대로 나타나는 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 두 자료는 파형, 진폭, 간·만조 발생시간 등에서 많은 차이를 보이고 있다. 이것은 지금까지 추정되어 온 월곶의 자료에 많은 오차가 내포되어 있음을 보여주는 것이다.

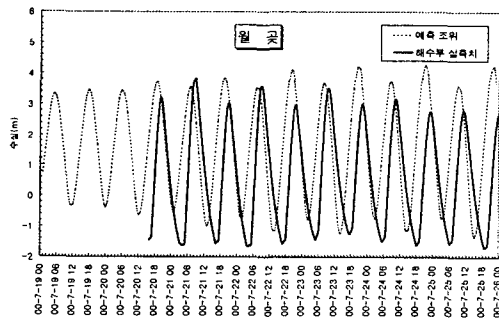
4. 예측조위와 실측조위에 대한 영향분석

하천 흐름해석을 위해 사용되는 월곶지점의 조위자료는 홍수위 계산의 정확도에 상당한 영향을 미치게 되는데, 정확하지 못한 조위자료의 사용으로 인해 동수역학적 모형을 통한 과거 홍수사상의 재현이 어려울 수도 있다. 예측 조위자료와 실측 조위자료를 모형의 하류경계조건으로 사용하였을 때 나타나는 모형의 결과를 살펴보기 위해 표 1의 실제 사상 중 2000년 7월 19일부터 25일까지의 조위를 그림 4(a)에서와 같이 비교하였다. 이 기간의 조화분석을 통한 예측조위는 7월 21일부터 관측을 시작한 한국해양연구소의 실측자료와 비교하여 만조와 간조의 발생시간이 약 2시간씩 차이가 나고 있으며 만조위와 간조위도 시간에 따라 각각 1.0m 이상씩 차이가 나고 있다.

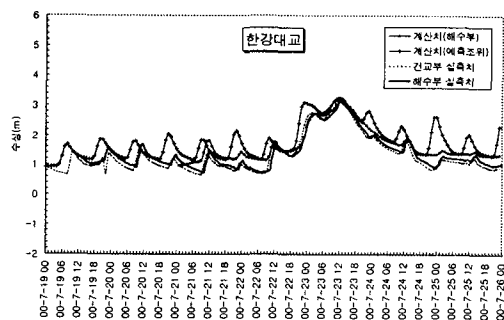
며 시간이 지날수록 만조위의 차이는 점차 크게 나타나고 있었다. 만조위로부터 간조위까지의 낙조시간을 살펴보면 실측자료가 약 3시간 정도 길게 나타나고 있으며 경사도 완만하게 나타나고 있다. 창조시간의 경우도 실측자료가 짧게 나타나고 경사도 급하게 나타나고 있는데 이러한 양상은 한강 본류부에서 홍수량의 유입으로 인해 조위가 낮아질 때는 느리게 그리고 조위가 상승할 때는 빠르게 올라가도록 해 주는 역할을 하기 때문에 나타나는 현상으로 하천흐름으로 인한 조석의 변화를 잘 나타내 주는 그림이라고 할 수 있다.

이러한 조위자료를 이용하여 모의수행한 결과를 한강대교, 신곡수중보(상) 그리고 전류지점에 대해서 그림 4(b)~(d)에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 월곶 지점에서의 만조위 발생시간의 차이로 인해 전체적인 모의결과에서 조위의 영향으로 인한 수위 상승부의 발생시간이 2~3시간 빠르게 나타나고 있으며 후반부에서 예측조위가 실측조위보다 높게 예측되어 모의결과에서도 실측자료보다 많이 높게 나타나고 있었다.

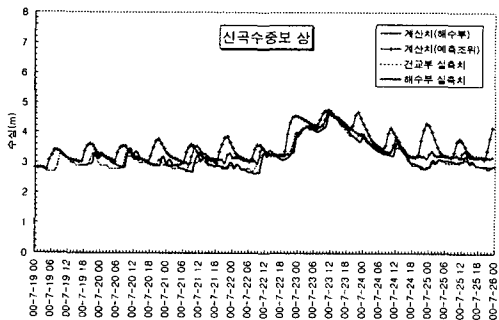
그러나 한국해양연구원에서 관측한 조위자료를 하류단 경계조건으로 이용한 모의결과를 살펴보면 침두 홍수량이 발생하는 전·후의 평수위에서 조위의 영향으로 인한 수위가 실제 관측수위보다 약간 높게 나타나고 있으나 침두부 발생시간과 그 양상이 잘 일치하고 있으며 침두 홍수위 부근에서 실제 관측수위와도 잘 일치하고 있었다.



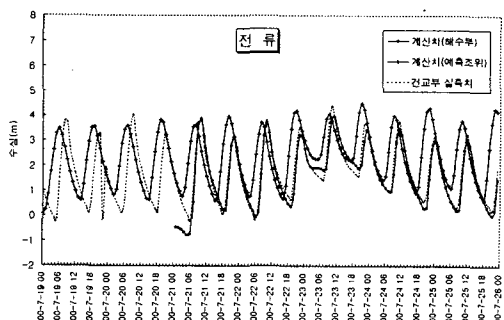
(a) 월곶지점의 조위비교



(b) 한강대교지점의 모의결과 비교



(c) 신곡수중보(상)지점의 조위비교

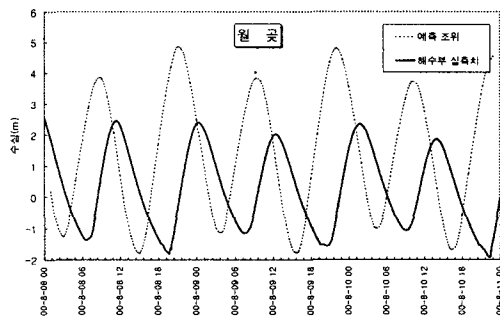


(d) 전류지점의 모의결과 비교

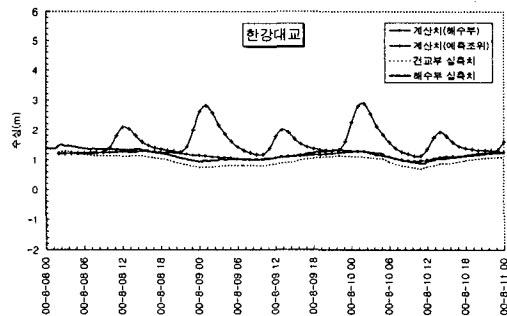
그림 4. 2000년 7월 19일 사상에 대한 조위 및 모의결과

이제 홍수기 사상이 아닌 팔당댐의 방류량이 300~800cms 정도의 비홍수기에 대한 예측조위와 실측조위를 사용함에 따른 모의결과를 살펴보았다. 그림 5는 2000년 8월 8일부터 10일까지 3일 동안의 예측조위와 관측조위를 사용함에 따른 모의결과를 나타내고 있다. 그림 5(a)에서 보는 바와 같이 만조와 간조 발생시간이 약 3~4시간씩 차이가 나고 있으며, 조고의 경우 간조위는 비슷하게 나타나고 있지만 만조위는 최고 2.48m까지 비교적 크게 나타나고 있었다. 만조와 간조에 대한 창조시간과 낙조시간을 살펴보면 예측조위는 창조시간과 낙조시간이 약 6시간으로 거의 일정하게 나타나는 반면 실측조위에서는 창조시간이 5시간, 낙조시간이 8시간 정도로 나타나고 있었다. 이처럼 상류단에서의 유입량이 작고 하류단의 조위규모가 다를 때 본류부에서 나타나는 조위영향은 상당히 차이가 있을 것으로 예상되는데 이에 대한 주요지점에서의 모의결과를 그림 5(b)~(d)에 나타내었다.

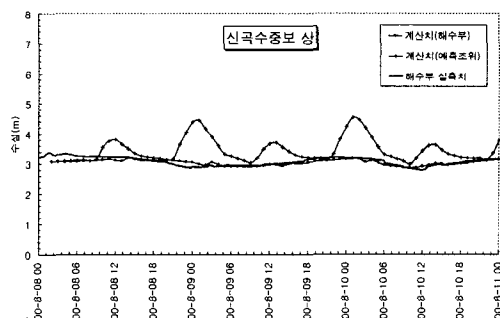
그림에서 보는 바와 같이 예측조위를 사용하였을 경우와 관측조위자료를 사용하였을 경우에 대한 모의결과가 상당히 다르게 나타나고 있다. 먼저 신곡수중보를 중심으로 상류쪽을 살펴보면 그림 5(b)의 한강대교 지점과 (c)의 신곡수중보(상) 지점의 실제 관측수위자료에서는 조위의 영향이 나타나지 않지만 예측조위를 사용하였을 경우는 조위의 영향이 상당히 크게 나타나고 있다. 이러한 결과는 율곡의 조위가 높아서 발생하는 역류의 흐름이 신곡수중보의 높이보다 훨씬 높게 나



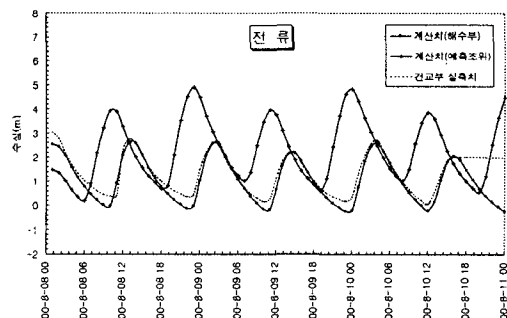
(a) 율곡지점의 조위비교



(b) 한강대교지점의 모의결과 비교



(c) 신곡수중보(상)지점의 조위비교



(d) 전류지점의 모의결과 비교

그림 5. 2000년 8월 8일 사상에 대한 조위 및 모의결과

타나서 상류쪽으로 큰 파형을 형성하게 된 것이다. 그러나 관측조위를 사용하였을 때의 모의결과는 조위로 인한 역류파가 신곡수중보에서 거의 차단되어 상류로 전파되는 조위는 아주 작은 정도로 나타나고 있으며 이러한 양상은 실측수위자료와도 잘 일치하고 있었다. 신곡수중보 하류쪽에 대해서 살펴보면 월곶지점과 가장 가까운 수위관측소인 전류지점에서는 그림 5(d)에서와 같이 하류단에서의 예측조위와 관측조위에 대한 발생시간과 만조위의 차이가 그대로 전류지점까지 나타나고 있는데, 여기서도 예측조위를 사용한 모의결과가 관측수위보다 높을 것을 알 수 있으며 관측조위자료를 사용한 모의결과는 실제 관측된 수위자료와 잘 일치하고 있었다. 결국 월곶지점에서 예측조위자료를 사용하였을 경우 만조위가 2.48m 정도 높게 예측됨에 따라 한강대교를 비롯한 한강 본류의 모든 지점과 임진강에서 조위의 영향이 크게 나타남으로써 모형을 통해 각 주요 지점에서의 실측 수위를 재현하는 것은 불가능할 것이다.

5. 결 론

한강 하류부는 군사분계선이 위치한 접적지역이기 때문에 하상 및 조위에 관한 정확한 측정자료가 거의 없으며, 홍수추적모형의 하류경계인 월곶지점의 조위자료는 인천항에서 측정된 조위를 조화분석을 통해 변경하여 이용하고 있다.

본 연구에서는 최근에 이루어진 한강 및 임진강 하구부에 대한 조위측정자료와 하상측량자료를 이용하여 한강 하류부에 대한 수리학적 홍수추적모형을 구축하였다. 이를 이용하여 인천항의 조위자료를 조화분석을 통해 월곶지점의 조위로 변환한 예측조위와 한국해양연구원에서 관측한 실제조위자료를 사용함에 따른 모의결과의 정확성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 과거에 발생한 홍수사상 중 조위관측을 실시한 기간에 해당하는 2000년의 4개 사상에 대한 모의결과를 비교하였다. 한강 하구인 월곶지점의 실측자료를 분석한 결과 지금까지 인천 조위를 변환하여 사용한 월곶지점의 자료에 많은 오차가 포함되어 있으며, 이러한 오차는 한강 및 임진강의 홍수해석에 큰 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

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.

한강홍수통제소 (1994). 홍수자료관리시스템구축.

Fread, D.L. (1985). *National Weather Service Operational Dynamic Wave Model*. Hydrologic Research Laboratory, NWS.