

삼교천 하구둑 영향을 고려한 수리학적 홍수예측모형 개발

Development of Hydraulic Flood Forecasting Model for Considering the Sapgyocheon Estuary Bank Effects

송재현*·윤광석**·김주영***·여규동****

Jae Hyun Song·Kwang Seok Yoon·Joo Young Kim·Kyu Dong Yeo

요 지

삼교천 홍수예보시스템은 1999년에 개발되어 현재까지 운영되고 있으나, 개발 이후 유역특성의 변화를 반영한 모형 개선이 이루어지지 않았고, 삼교천 하구둑의 영향을 고려한 모형은 개발되어 있지 않은 실정이다. 이 지역 중에서 특히 천안/아산지역은 급격한 인구증가와 산업화 및 도시화에 의해 면적당 자산의 고도화가 증가하며, 이에 따라 홍수시 피해잠재능은 점점 증가하고 있는 상황이다. 또한, 하구둑의 영향을 고려한 모형을 개발하여 정확한 홍수예보를 위한 전산시스템의 개선자료를 제공할 필요가 있다. 따라서 삼교천 하구둑에 의한 배수영향을 고려하기 위해 FLDWAV모형을 이용하고, 삼교천 하구둑 수문조작에 따른 내수위(하류경계조건)를 예측하는 모형을 개발하여 하구둑 운영을 고려한 연계모형을 개발하였다. 향후 설치될 우강지점에 대한 수위자료가 구축되면 예측의 정확도를 검증할 수 있으며, 홍수예보시 정확성을 높일 수 있을 것이다.

핵심용어 : 홍수예보, 삼교천 하구둑, FLDWAV, 내수위 예측모형

1. 서 론

삼교천 홍수예보시스템은 1999년에 개발되어 현재까지 운영되고 있으나, 개발 이후 유역특성의 변화를 반영한 모형 개선이 이루어지지 않았고, 삼교천 하구둑의 영향을 고려한 모형은 개발되어 있지 않은 실정이다. 이 지역 중에서 특히 천안/아산지역은 급격한 인구증가와 산업화 및 도시화에 의해 면적당 자산의 고도화가 증가하며, 이에 따라 홍수시 피해잠재능은 점점 증가하고 있는 상황이다. 따라서, 삼교천 유역은 하구에 설치되어 있는 하구둑의 수문 개폐에 따라 하구둑 상류의 수위가 영향을 받게 되며, 현재의 홍수예보 시스템의 유출모형은 이와 같은 수문조작에 의한 배수 영향을 고려하지 못하고 있다.

본 연구에서는 삼교천 하구둑에 의한 배수영향을 받는 구간인 삼교천 상류에서 하구둑 방향으로 무한천 합류후 지점부터 하구둑까지의 구간에 대한 수위의 예측정도를 높이기 위해 수리학적 해석을 위한 대상구간의 입력자료를 구축하고, 삼교천 하구둑 수문조작에 따른 내수위(하류경계조건)를 예측하여 하구둑 운영을 고려한 연계모형을 개발하였다. 상류경계는 수문학적 모형에서 계산된 무한천합류후의 유출량을 이용할 수 있도록 하였으며, 측방유입량은 수문학적 모형에서의 각 지류 및 소유역 유출량을 이용하였다.

2. 삼교천 하구둑에 의한 배수영향구간 분석

하구둑에 의한 배수영향구간을 분석하기 위하여 미육군공병단에서 개발한 HEC-RAS 모형을 적용하여 설계홍수량에 따른 삼교천 하구둑의 존재 유,무에 따른 삼교천 본류구간의 배수위 영향 구간을 분석하였다. 분석 결과 배수영향구간은 하구둑에서 상류 약 12.5km 구간까지 발생한다고 판단된다.

* 정회원·유량조사사업단 유량조사실 연구원 ·E-mail : k6zero@kict.re.kr
** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 ·E-mail : ksyoon@kict.re.kr
*** 정회원·한양대학교 토목공학과 박사과정 ·E-mail : becool@hanyang.ac.kr
**** 정회원 ·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 ·E-mail : ykd@kict.re.kr

3. 수리학적 홍수예측모형의 구축

3.1 FLDWAV 모형

FLDWAV 모형은 Fread가 20여년에 걸쳐 개발한 일차원 하천 모형이다. 기존에 일차원 흐름 모형으로 많이 사용된 바 있는 DWOPER 모형의 단점을 보완하고 댐 파괴시에 발생하는 급격한 홍수와 해석 프로그램인 DAMBRK를 통합하여 개발한 모형이다.

3.2 고정입력자료의 구성 및 변수의 결정

수리학적 홍수예측모형을 구축하기 위해 필요한 자료는 크게 고정입력자료와 가변입력자료로 구분할 수 있다. 고정입력자료는 일단 모형이 구축되고 나면 변하지 않는 자료로서 하천단면자료와 모형에 필요한 각종 변수를 말하며, 가변입력자료는 모형 실행 때마다 변화하는 유량, 수위 등 수문자료와 조도계수를 말한다.

3.2.1 하천단면자료

무한천 합류후 지점에서 삼교천 하구둑까지의 구간 거리는 14.42km이고, 단면의 개수는 40개이다. 지점별 횡단면은 하폭-표고관계로 변환한 후 표고에 따라서 하폭의 변화가 선형관계가 되도록 8개의 점을 선택하여 단면자료를 결정하였다.

3.2.2 상·하류경계조건

FLDWAV 모형에서 상·하류경계조건의 형태는 수위수문곡선, 유량수문곡선, 수위-유량관계곡선식 및 Manning의 식을 선택적으로 이용할 수 있다. 상류경계조건은 그림 3에 나타나 있는 현재 삼교천 홍수예보시스템의 저류함수법 유출계산 모식도에서 무한천 합류후 계산지점인 61번 지점의 유출량을 상류경계조건으로 사용하였다. 하류경계조건은 하구둑 외수위와 삼교호의 유입량을 이용한 삼교호 저수지 추적을 하여 산정되는 예측 내수위 값을 하류경계조건으로 사용하였다. 현재 내수위가 실시간으로 관측 되지 않고 시계열자료가 존재하지 않으므로 향후 실제 관측값과 비교해보아야 할 것이다.



그림 2. 삼교천 유역 현황

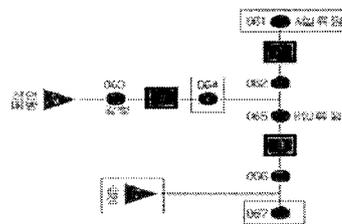


그림 3. 저류함수모형 유출계산 모식도

3.2.3 측방유입량

삼교천 본류에 유입되는 지류 및 미계측 소유역으로부터 유입량을 수문학적 홍수예측모형인 저류함수모형으로 계산되는 값을 측방유입량으로 입력하여 사용하였다.

3.2.4 조도계수

수치해법의 정확성과 더불어 계산모형의 직결성을 좌우하는 중요한 요소는 모형의 매개변수로서 부정류 계산모형의 경우에는 운동량 방정식의 에너지 경사, 또는 마찰 경사 항에 포함되는 조도계수가 지배적인 매개변수가 된다. 본 연구에서 하도추적을 하는 구간에서는 수위관측소가 존재하지 않으므로 관련 보고서 등에서 분석된 하도특성을 감안하여 표 1과 같이 제시하였다. 제시된 조도계수는 검증되지 않은 임의로 제시된 조도계수이다.

표 1. 유량규모별 제시된 조도계수

구간	유량 규모(m ³ /s)							
	600	1200	2000	3000	4000	5000	8000	15000
무한천 합류후 ~ 하구둑	0.040	0.035	0.030	0.028	0.026	0.025	0.020	0.017

4. 삼교천 하구둑 내수위 예측모형

하류경계조건인 하구둑 내수위는 갑문의 개도, 개문수, 내수위와 외수위의 수위차, 개방시간 등 매우 복합적으로 결정되므로 이를 모두 고려하여 내수위를 예측하는 것은 매우 어렵다. 따라서 내수위를 예측하기 위하여 저수지 추적 방법을 이용하여 내수위 예측모형을 개발하였다.

4.1 삼교천 하구둑 인근의 조위자료 분석

하구둑 수문조작은 내·외수위의 관계에 의해 이루어지고 있으며, 내수위를 예측하기 위해서는 외수위가 우선적으로 예측되어야 한다. 현재 삼교천 하구둑의 외수위는 실시간으로 관측되고 있지 않고, 실제 운영에 있어서도 인근의 평택조위관측소의 예측 조위를 이용하고 있다. 본 연구에서는 삼교천 하구둑 지점의 외수위를 산정하기 위하여 조화상수를 이용하여 평택지점의 조위를 삼교천 하구둑 지점의 조위로 산정하였다. 하지만 두 지점의 조위차가 약 0.15m 이하 이므로 수문조작에 있어서 평택지점의 예측조위값을 사용해도 될 것으로 판단되었다.

4.2 삼교천 하구둑 수문조작에 따른 방류량 산정

삼교천 하구둑의 수문조작은 “삼교천 방조제 관리규정(한국농촌공사 당진지사, 2006)”에 따른 규정을 반영하여, 수문조작에 따른 방류량 산정은 그림 4 ~ 6과 같이 수중 오리피스, 불완전 오리피스 그리고 위어인 상황에 따라 산정하도록 하였다. 내수위 예측모형에서의 수문조작운영은 방조제 관리규정을 바탕으로 구성하였다.

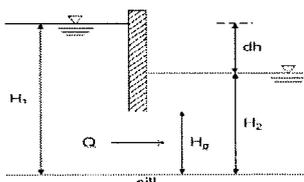


그림 4. 수중 오리피스

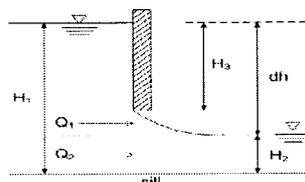


그림 5. 불완전 오리피스

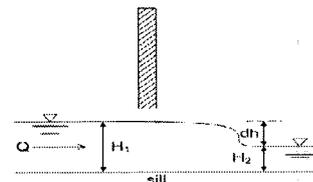
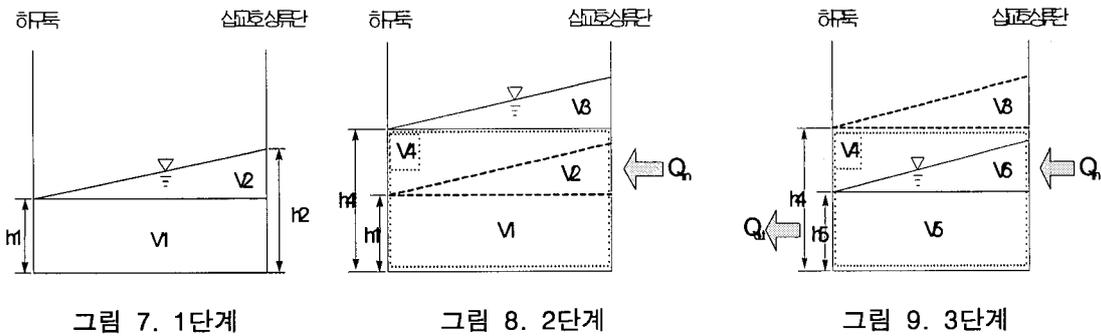


그림 6. 위어

4.3 삽교천 하구둑 내수위 추적 방법

저수지 추적방법을 이용한 내수위 추적의 단계는 3단계로 표시할 수 있으며, 그림 6 ~ 8 은 내수위 추적 단계를 나타내고 있다. 삽교천의 용적은 “삽교천수계 유역종합치수계획(건설교통부 대전지방국토관리청, 2006)”에서 산정된 값을 이용하였다. 또한 그림 7 ~ 9에서 쉼기형 저류량을 계산하는 것은 한계가 있어 쉼기형 저류량은 무시하고 계산하였다.



5. 과거 홍수사상에 대한 수리학적 홍수예측모형 적용

본 연구에서는 2000년 8월 20 ~ 30일과 2002년 8월 1 ~ 10일 2개의 홍수사상 자료를 내수위 예측방법을 이용하여 FLDWAV 모형으로 2개의 홍수사상에 대하여 수문조작일지와 동일하게 모의하였다. 모의한 결과는 아래의 그림 10 과 11에 나타낸 바와 같다. 그림에서 A와 B는 하구둑으로부터 각각 12.42km, 9.94km 지점이고, 우강지점은 앞으로 수위관측소 설치지점이다. 또한 그림 12와 13은 내수위 예측모형으로 산정된 예측 내수위와 하구둑 수문조작일지에 따라 방류하여 산정된 결과를 비교하였다.

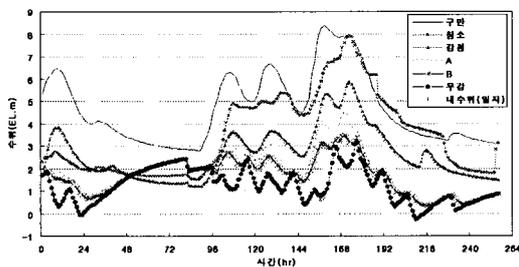


그림 10. FLDWAV 모형 모의 결과
(2000년 8월 20일 ~ 30일)

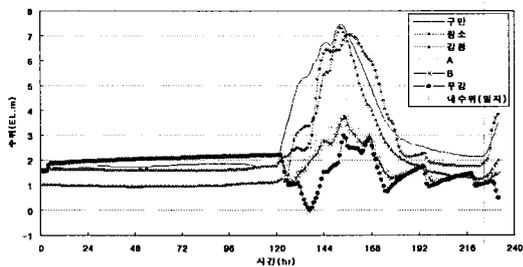


그림 11. FLDWAV 모형 모의 결과
(2002년 8월 1일 ~ 10일)

위의 결과를 살펴보면 무한천 합류후까지는 하구둑의 수문조작의 영향을 받는 것을 알 수 있다.

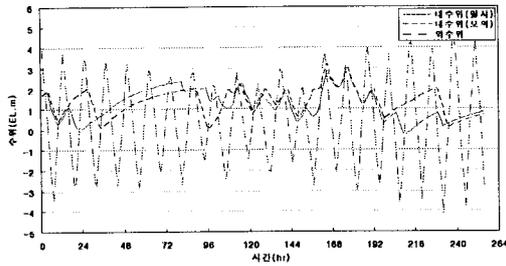


그림 12. 내수위 비교
(2000년 8월 20일 ~ 30일)

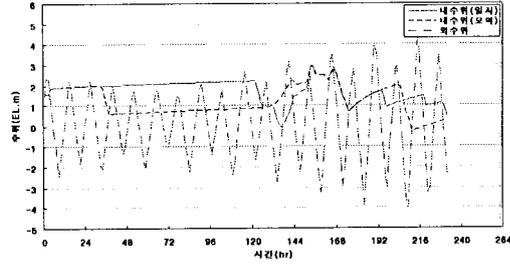


그림 13. 내수위 비교
(2002년 8월 1일 ~ 10일)

2개의 홍수사상에 대하여 운영일지를 바탕으로 예측한 내수위와 외수위 변화를 고려한 프로그램으로 예측한 내수위가 침수수위가 발생하는 시점을 기준으로 상승부와 하강부에서는 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 하지만 예비방류를 고려하지 않은 부분과 실제 수문조작과 일치하지 않는 부분에서는 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이 부분은 실제 실시간 예측시에는 현재시간이전의 자료에 대해서는 관측된 자료를 이용하기 때문에 실시간 예측시에는 큰 영향을 기치지 않을 것으로 판단된다. 또한 현재 내·외수위의 실시간 관측이 이루어지지 않고 있기 때문에 추후에 관측자료를 바탕으로 검증을 해야 한다.

6. 결론 및 향후과제

기존의 삼교천 홍수예보시스템이 삼교천 하구둑의 수문개폐로 인한 배수영향을 반영하지 못하였다. 본 연구를 통하여 삼교천 하구둑의 영향을 고려한 수리학적 홍수예측모형을 개발하였다. 이를 통해 근본적으로 수문학적 모형이 해결할 수 없는 한계를 없애고, 수문학적 모형과 병용함으로써 더 정확하고 효과적인 홍수예보업무가 될 것이라고 판단된다. 향후 설치될 우강지점에 대한 수위자료가 구축되면 예측의 정확도를 검증할 수 있으며, 홍수예보시 정확성을 높일 수 있을 것이다. 또한 개발된 모형을 실제 홍수기때 운용하여 검증 및 보완작업을 수행하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 금강홍수통제소(2006). 삼교천 하구둑 영향 및 수위관측소 증설에 따른 홍수예보프로그램 개발.
2. 건설교통부 대전지방국토관리청(2005). 삼교천수계 유역종합치수계획.
3. 한국농촌공사 당진지사(2006). 삼교천 방조제 관리규정.
4. 한국수자원학회(2006). 제15회 수공학 워킹 교재.
5. Fread, D.L, and Lewis, J.M.(1998). NWS FLDWAV Model, NWS Report, Hydrologic Research Laboratory, NWS Office of Hydrology, NWA, Silver Spring, MD.