

HEC-RAS를 적용한 아라천 홍수위산정모형 구축

Development of Flood Routing Model in the Ara Waterway Applying HEC-RAS

노준우* · 이상진** · 박명기*** · 심명근****

Noh, Joonwoo · Lee, Sang Jin · Park, Myung-ki · Shim, Myung Geunl

요 지

아라벧길은 다양한 수리구조물의 조작을 통하여 선박운항 및 홍수처리가 이루어지며 유입홍수량, 한강수위, 그리고 서해조위 변동과 연계하여 굴현보, 서해배수문, 체절수문, 그리고 배수펌프장 등의 대표적인 구조물 운영을 지원할 수 있는 홍수위 계산모형이 필요하다. HEC-RAS모형은 이러한 수리구조물 운영을 효과적으로 경계조건으로 반영할 수 있는 장점이 있다. 특히 서해배수문의 경우 조위변동과 내수위를 동시에 고려한 수문운영이 필요하여 Rule-script기능을 적용하여 이러한 특성을 반영하였다. 모형의 검보정을 위하여 2010년 9월 홍수사상을 적용하였으며 모형으로부터 계산된 수위값과 관측된 수위값이 서로 잘 일치함을 확인하였다.

핵심용어 : 주운수로, 굴포천, 홍수위모의, 수리구조물, Rule-script

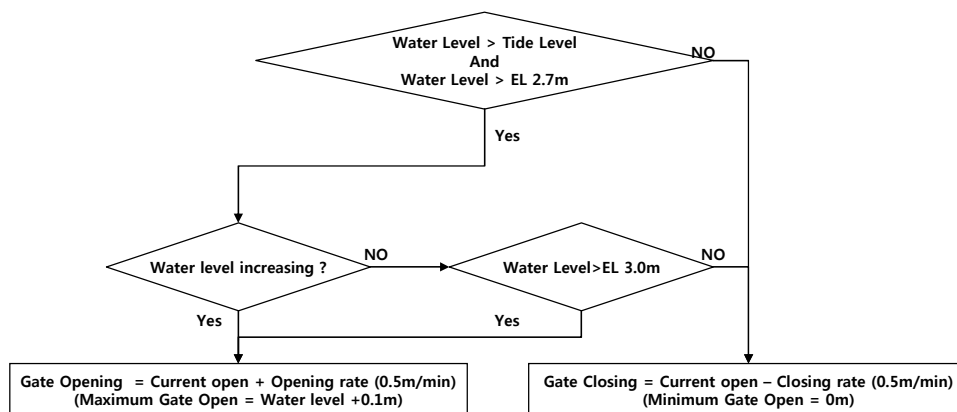


Fig. 1 Flowchart for gate operation

* 정회원, 한국수자원공사 K-water연구원, 책임연구원 (E-mail : jnoh@kwater.or.kr)
 ** 정회원, 한국수자원공사 K-water연구원, 책임연구원, (E-mail : sjlee@kwater.or.kr)
 *** 정회원, 한국수자원공사 물관리센터, 차장 (E-mail : mkpark@kwater.or.kr)
 **** 정회원, 한국수자원공사 아라벧길운영처, 선임위원 (E-mail : mgshim@kwater.or.kr)

1. 서론

주운수로의 효율적인 운영 및 관리를 위해서는 주운수로 내 홍수관리를 비롯, 유수소통방안, 수질, 결빙대책, 유사관리 등 다양한 물관리 기법이 요구되며 주운수로내의 효율적인 홍수관리를 위해서는 보, 배수문, 그리고 천변저류지 등의 다양한 수리구조물의 운영을 지원할 수 있는 해석 모형이 요구되며 이러한 수리구조물 운영을 고려할 수 있는 홍수위 산정 모형이 필요하다. 대표적인 1차원 부정류 해석모형으로는 HEC-RAS와 FLDWAV 모형이 있으며 국내에서 홍수분석을 위한 하천의 수리해석 분야에 매우 폭넓게 활용되어 왔다. Castellarin 등(2009)은 영국 Severn 강, 이탈리아 Po 강에 대하여 HEC-RAS모형을 적용한 사례연구를 통하여 배수거리 및 파장관련 기준의 적합성을 검토하였고 윤성심 등(2008)은 SWMM모형과 HEC-RAS를 연계하여 도시지역의 홍수예보에 적용하였으며 김덕길 등(2008)은 SWAT모형과 HEC-RAS를 연계하여 천변저류지 조성에 따른 수리 수문분석을 수행하였다. 본 연구에서는 HEC-RAS를 이용하여 홍수기 주운수로 운영에 대한 의사결정을 지원할 수 있는 홍수위 산정모형을 구축하였다. 특히 서해 배수문의 경우 홍수유입에 따른 주운수로 내 수위변동과 서해측 외조위를 동시에 고려한 수문개폐를 통하여 홍수배제가 이루어져야 한다. 이를 위하여 수리구조물의 운영을 고려한 경계조건을 구성하고 실제 강우사상을 적용하여 구축된 모형의 안정성과 신뢰도를 검토하였다.

2. 분석대상 및 홍수처리 개요

2.1 주운수로 제원

경인 아라뱃길은 서해와 한강을 연결하는 총연장 18km에 달하는 내륙주운 하천이다. 주운수로는 저폭 80m의 사다리꼴 단면형태를 가지며 평상시 운영수위는 EL. 2.7m를 유지하여 수심 6.3m를 확보하도록 되어 있으나 홍수시에는 서해배수문을 통한 신속한 홍수배제가 이루어져야 한다. Fig. 1 에 주운수로의 측면도와 함께 폭 12.5m, 높이 9.5m에 달하는 4개의 수문으로 구성된 서해배수문의 제원을 제시하였다.

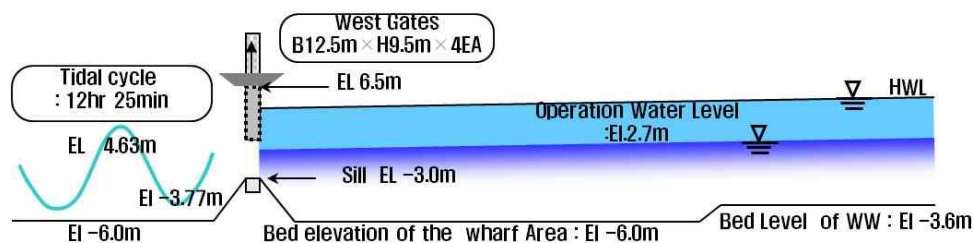


Fig. 1 Side view of the main waterway

2.2 홍수처리 개요

Fig. 2에 구축된 HEC-RAS모형의 모식도를 제시하였다. 굴포천 유역에서 발생한 홍수는 Gulpo1 하도로 유입되어 분기점을 거치면서 홍수규모에 따라 Gulpo2, 혹은 Gulpo3을 통하여 서해측 혹은 한강측으로 배제된다. 굴현보를 지나 Gulpo 2로 유입된 홍수의 경우 2개소의 천변저류지를 경유해서 주운수로 측으로 유입되어 서해측으로 배제되며 홍수규모에 따른 구조물 조작은 구조물 직상류단 단면의 수위조건을 토대로 이들 구조물에 설치된 수문(Gate) 개폐를 통하여 이루어진다. 이러한 수리구조물은 HEC-RAS모형에서 Inline structure, 혹은 Lateral structure의 수문조작 옵션을 사용하여 설정할 수 있으며 최하류단 서해배수문의 경우, Rule script 옵션을 적용해서 서해측 외조위와 주운수로측 내수위를 상호 비교하여 자동적으로 수문개폐를 조작할 수 있도록 하였다.

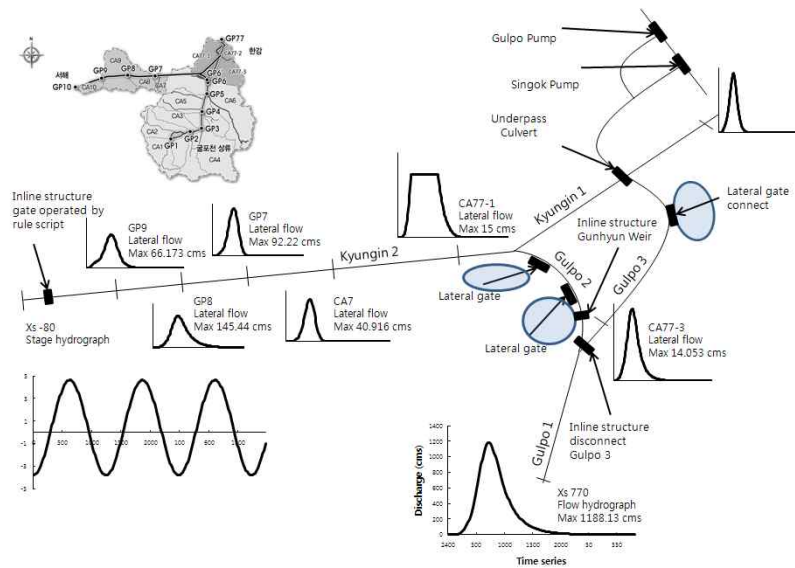


Fig. 2 Schematic of HEC-RAS applied in the Ara waterway

4. 결과 및 분석

4.1 수문운영(Gate Operation)

HEC-RAS에서는 수리구조물의 수문운영을 고려하기 위해서 Time Series Gate Openings, Elev Controlled Gates, Navigation Dams, Rules의 4가지 방법으로 구성할 수 있으며 본 연구에서는 Elev Controlled Gates와 Rules 두 가지 옵션을 적용하여 모형을 구성하였다. Elev Controlled Gates 옵션에서는 수리구조물 상하류단 특정단면에서의 수위변화를 기준으로 수문개폐를 설정하는 방식이며 Rules는 특정구조물의 특성에 가장 적합하도록 Script 형식으로 수문운영방식을 작성하여 적용하는 방법이다.

4.2 Rule-script 구성

굴포천 유역에서 발생한 홍수는 굴현보가 도복되어 전량 아래뺏길로 유입되며 서해배수문의 수문 개폐를 통하여 서해측으로 배제된다. 따라서 상하류단 수위비교를 통해서 상류단 수위가 하류보다 클 때에만 수문을 개방하여 홍수배제를 수행한다. 반면 하류단 조위가 상류단 수위를 초과할 시에는 배수문을 폐쇄하여 해수유입으로 인한 수위상승을 방지해야 한다. 이를 감안한 배수문 운영을 위해서 Rule-script 기능을 적용하여 주운수로 하류단 경계조건을 구성하였다. Fig. 3 에 Rule-script의 플로우차트를 제시하였다.

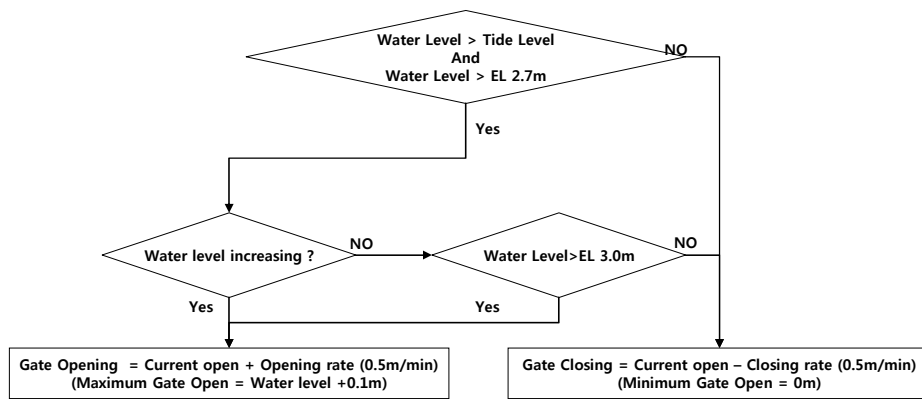


Fig. 3 Flowchart for operational scheme of the west gate

4.3 모형의 검토정 및 적용

2010년 9월 21일부터 24일에 걸쳐 수도권 지역에서 발생한 강우사상을 적용하여 구축된 모형의 적용성에 대하여 검토하였다. 구축된 모형에 대한 적용성을 평가하기 위하여 관측수위 자료가 존재하는 굴현보 상하류단 20m 지점을 대상으로 모의값과 실측값을 비교한 결과를 Fig. 4 에 제시하였다. 보 상하류 지점에서 RMSE는 각각 0.36, 0.59로 상관계수는 0.78, 0.93으로 산정되었다.

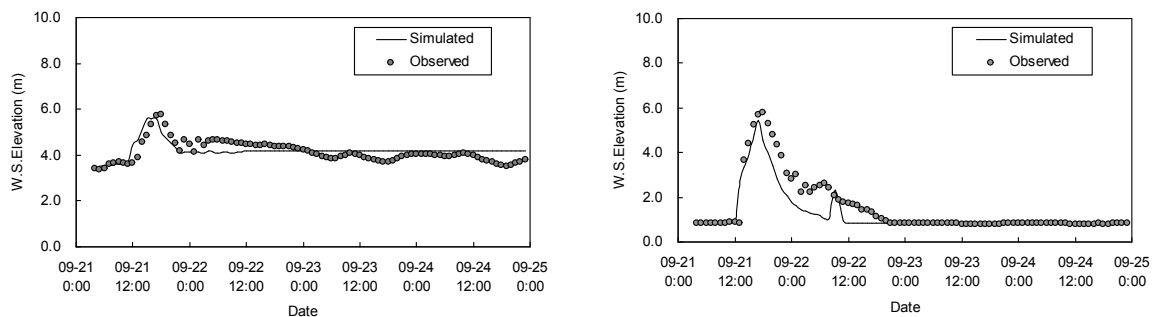


Fig. 4 Comparison of simulated and observed water level at (a) upstream and (b) downstream of the Gylhyun Weir

5. 결론

본 연구에서 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) HEC-RAS모형은 구조물 운영을 반영하기에 매우 효율적이며 경계조건의 형식으로 특정수위에 도달시 이들 구조물의 수문개폐가 가능하도록 모형을 구성하였다.
- (2) 아라뱃길의 홍수배제를 담당하는 서해배수문은 서해측 조위가 내수위보다 낮을 때 배수문을 개도하여 홍수배제를 유도하고 반대의 경우에는 배수문을 폐쇄함으로써 해수유입에 따른 내수위 상승을 방지할 수 있어야 한다. 이러한 배수문 운영은 HEC-RAS의 Rule-script 옵션을 적용하여 구성하였다.
- (4) 모형의 검보정을 위하여 2010년 9월 강우사상에 대하여 실측된 수위와 계산된 수위가 서로 잘 일치함을 알 수 있었다.

참고문헌

- 김극수, 김지성, 김원 (2011) “1차원 수치모형의 가변 계산거리간격 추정 기법.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제44권, 제5호, pp. 363-376.
- 김덕길, 경민수, 김상단, 김형수 (2008) “천변저류지 구성에 따른 수리 수문분석.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제41권, 제5호, pp. 483-489.
- 송주일, 김종우, 임창수, 윤세의 (2011) “정수식생이 존재하는 자연하도에서 1차원 수치모형.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제44권, 제1호, pp. 9-22
- 한국수자원공사(2009a) 경인운하사업 기본계획 보고서
- Casterllarin, A., Di Baldassarre, G., Bates, P.D. (2009) “Optimal cross-sectional spacing in Preissmann scheme 1D hydrodynamic models.” *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 135, No. 2, pp. 96-105.