홍수터 식생을 고려한 이차원 하천 흐름모델링

Two-dimensional Flow Modeling under Considering Vegetation on Flood Plain

이 남 주, 이 해 균*
경성대학교, 단국대학교*

Nam-Joo Lee, Haegyun Lee*
Kyungsung University, Dankook University*

요약

하천에 침입한 식생은 흐름 저항을 증가시키며, 이로 인해 유속이 감소하고 홍수위가 증가하며 하천 지형 변화에도 상당한 영향을 미치게 된다. 이 연구는 한강하류부에 위치한 장항습지 식생이 홍수위에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구이다. 홍수 흐름 예측에는 이차원 흐름모형을 사용하였으며, 식생의 영향은 조도계수를 변화시키는 방법을 사용하였다. 장항습지의 수목 밀생지역에서 유속이 약 60% 이상 감소되는 것으로 나타났으며, 저수로에서 유속은 약 20~30% 증가되는 것으로 나타났다. 좌안으로 접근할수록 유속의 증가가 두드러지는 것으로 예측되었다. 식생을 고려했을 때, 유속이 좌안으로 치우치고 장항습지의 경계 부근에서 줄어드는 현상은 장항습지의 성장과도 관련이 있는 것으로 판단된다.

▌Keyword: KU-RLMS 모형, 식생, 홍수터, 홍수위

Ⅰ. 서론

한강 하구에 위치한 장항습지는 주로 버드나무가 활착되어 있으며, 밀집한 식생에 의한 홍수위 증가가 우려되고 있는 상황이다. 이 연구는 한강하류부에 위치한 장항습지 식생이 홍수위에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구이다. 홍수 흐름 예측에는 이차원 흐름모형을 사용하였으며, 식생의 영향은 조도계수를 변화시키는 방법을 사용하였다.

Ⅱ. KU-RLMS 모형의 기본이론

KU-RLMS 모형[1]의 흐름 계산에는 다음과 같은 수심적분된 천수방정식을 사용한다.

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(hU)+\frac{\partial}{\partial y}(hV)=0 \tag{1a}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU)+\frac{\partial}{\partial x}(hU^2)+\frac{\partial}{\partial y}(hUV) \tag{1b}$$
$$=FhV-gh\frac{\partial}{\partial x}(h+z_b)+\frac{1}{\rho}(\tau_{w1}-\tau_{b1})$$
$$+\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{11})+\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{12})$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hV)+\frac{\partial}{\partial x}(hUV)+\frac{\partial}{\partial y}(hV^2) \tag{1c}$$
$$=-FhU-gh\frac{\partial}{\partial y}(h+z_b)+\frac{1}{\rho}(\tau_{w2}-\tau_{b2})$$
$$+\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{12})+\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{22})$$

여기서, x, y는 수평면상의 공간좌표, t는 시간, F는 Coriolis 상수, g는 중력가속도, h는 수심, z_b는 하상고, ρ는 물의 밀도이며, U와 V는 방향의 수심평균 유속성분, τ_{b1}과 τ_{b2}는 각각 방향의 바닥 전단응력, τ_{w1}과 τ_{w2}는 각각 방향의 바람에 의한 응력, T_{11}, T_{12}, T_{22}는 유효응력이다. 유체의 난류유동에 기인한 난류 확산항은 Ponce and Yabusaki 방법[2]을 사용하여 유효전단응력을 간접적으로 고려한다.

Ⅲ. 수치모형의 적용

2010년에 조사된 지형에 대한 계획홍수위를 이차원 모형을 사용하여 예측하였다. 상류 경계조건은 37,000 m^3/s, 하류 경계조건은 EL. 8.45 m를 사용하였다.

그림 1은 계획홍수위 예측결과를 도시한 것이다. 일산대교 하류부에 수위가 상승했다 하강하는 현상이 나타나며, 이는 수로폭의 변화와 관련된 것으로 판단된다. 신곡수중보 하류부의 수위는 좌안과 우안의 차이가 거의 나타나고 있지 않지만, 전류수위표 지점이 위치한 만곡부에서는 좌안측이 우안측보다 약 0.5 m 이상 수위가 높아지는 특징이 나타난다. 이런 현상은 일차원 모의를 통해서는 찾아낼 수 없는 현상으로 만곡의 영향과 전류수위표 지점의 돌출부의 영향이 결합되어 나타나는 현상이다.

수목이 밀생되어 있는 경우에 대해 Manning 계수를 0.2~0.4 정도로 적용하는 수치모의 사례가 있다[3]. 장항습지의 버드나무류 군락을 고려하기 위해 Manning 계수를 0.30으로 설정하여 식생의 영향을 검토하였다. 그

림 2는 장항습지의 수목에 의한 영향을 고려하여 수위를 예측한 결과를 도시한 것이다. 식생을 고려하지 않은 경우(그림 1)와 비교해 보면, 식생을 고려한 모의에서 장항습지 부근의 수위가 0.4~0.6 m 정도 높게 예측되었다. 그림 3은 식생을 고려하지 않은 경우(초록색)와 식생을 고려한 경우(검은색)의 유속벡터를 도시한 것이며, 그림 4는 장항습지 인근 지역만 확대하여 도시한 것이다. 두 그림에서 장항습지의 수목 밀생지역에서 유속이 약 60% 이상 감소되는 것으로 나타났으며, 저수로에서 유속은 약 20~30% 증가되는 것으로 나타났다. 좌안으로 접근할수록 유속의 증가가 두드러지는 것으로 예측되었다. 식생을 고려했을 때, 유속이 좌안으로 치우치고 장항습지의 경계 부근에서 줄어드는 현상은 장항습지의 성장과도 관련이 있는 것으로 보인다.

Ⅳ. 결론 및 향후 연구

이 연구는 한강하류부에 위치한 장항습지 식생이 홍수위에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구이다. 장항습지의 수목 밀생지역에서 유속이 약 60% 이상 감소되는 것으로 나타났으며, 저수로에서 유속은 약 20~30% 증가되는 것으로 나타났다. 좌안으로 접근할수록 유속의 증가가 두드러지는 것으로 예측되었다.

▌감사의 글▐

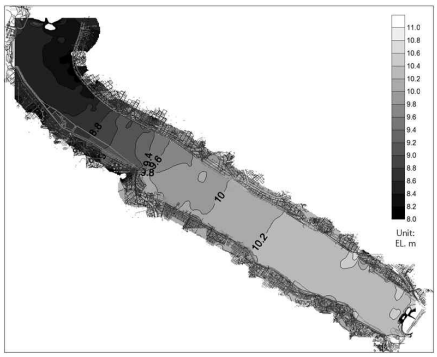
이 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

▌참 고 문 헌▐

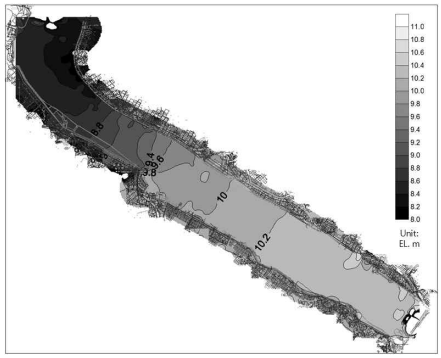
[1] 이남주, 이길성. "좌표변환에 의한 이차원 유사이동모형(I) - 모형의 개발." 대한토목학회논문집, 제18권, 제II-5호, pp. 407-412, 1998.

[2] Ponce, V. M. and Yabusaki, S. B. "odeling circulation in depth-averaged flow," J. of the Hydraulics Div. ASCE, Vol. 107, No. HY11, 1981.

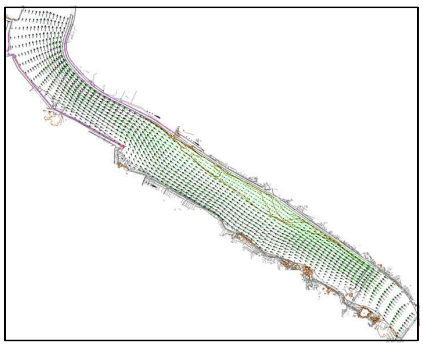
[3] Lee, N.-J., Yu, K., Cho, K.-H. and Park, M.-H. "Development of Vegetation Resistance Module for a Two-dimensional Model." 8th International Symposium on EcoHydraulics 2010, Seoul, Korea, CD version, pp. 2020-2026, 2010.



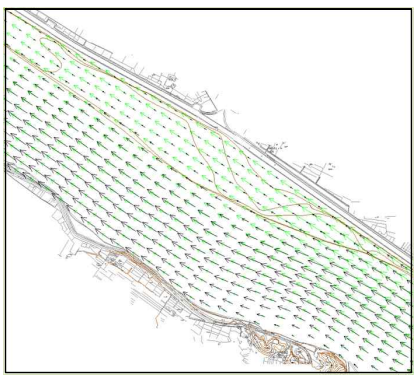
▶▶ 그림 1. 계획홍수위 예측결과



▶▶그림 2. 식생을 고려한 계획홍수위 예측결과



▶▶그림 3. 식생/비식생 유속 벡터 비교



▶▶그림 4. 유속 벡터 비교(장항습지 인근)