

섬진강 flushing 방류로 인한 하구부 염수침입 영향분석

Analysis Saltwater Intrusion by Flushing Discharge in Seomjin River Estuary

노준우*, 이진영**, 강신욱***, 이상욱****
Jun Woo Noh, Shin Wook Kang, Jin Young Lee

요 지

섬진강 하구는 남해안 중부에 위치해 있으며, 하구둑이 건조되어 있지 않아 하구역 일대와 광양만이 하나의 넓은 기수역을 형성하고 있다. 또한 섬진강 하구는 상류에 섬진강댐, 주암댐 등이 건설되고 취수량이 증가하면서 하구로 유입되는 수량이 감소해 기수역이 상류로 확대된 것으로 보고되고 있다. 2008년 주암댐에서는 갈수기 때마다 대두되는 수질악화 및 염수침입을 방지하고자 3/10~3/24일에 걸쳐 1차, 4/23~5/7에 걸쳐 2차로 나누어 flushing 방류를 실시하였다. 이에 본 연구에서는 실측된 염분 자료를 토대로 3차원 수리 및 수질해석이 가능한 EFDC 모형을 활용하여 flushing 방류를 실시한 경우와 하지 않았을 경우에 대하여 모의를 수행함으로써 flushing 방류 유무에 따른 하구의 염수침입 및 염해피해 방지 효과에 대해 분석하였다.

핵심용어 : 염수침입, Saltwater, EFDC, 섬진강

1. 서 론

2008년 섬진강의 주요 지류인 보성강 중류에 위치한 주암댐에서는 매년 갈수기시마다 대두되는 수질악화를 해결하기 위해 3월 ~ 5월에 두 차례에 걸쳐 flushing 방류를 실시하였다. 3/10 ~ 3/24일에 걸쳐 최소 3.14m³/s ~ 최대 6.45m³/sdml 1차 방류를 실시하였고, 4/23 ~ 5/7까지 최소 6.00m³/s ~ 최대 6.45m³/s의 2차 방류를 실시하였다. 섬진강 하구는 평균 조차가 약 2m 정도의 약혼합형 하구로써 염수쇄기형태가 나타나고, 담수와 염수의 밀도차에 따른 성층화 현상이 발생한다. 최근에는 섬진강 중상류에서의 취수량은 증가하나 회귀유량이 감소함에 따라 하도를 흐르는 유량이 적어 기수역이 상류로 확대되고 있다는 논쟁이 지속되고 있다. 따라서 본 연구에서는 주암댐에서 실시한 flushing 방류로 인한 염수침입 방지효과에 대해 분석하고자 3차원 수치모형인 EFDC를 이용해 flushing 유량이 있는 경우와 없는 경우의 비교분석을 실시하였다.

2. EFDC 모형

EFDC는 하천과 호소, 하구와 해안 그리고 습지에 이르기까지 물질수송 및 유동의 3D 모의가 가능하며, wet/dry기법으로 조석간만의 영향이 있는 곳이나 댐, 암거 등과 같은 인공구조물에 의한 영향도 모의가 가능해 우리나라와 같은 하천 지형에서의 수치모의에 유용하게 쓰일 수 있다.

EFDC는 수평적으로 직교 또는 곡면 좌표계를 사용하며, 수직적으로는 σ -좌표계를 사용한다. EFDC에 사용되는 운동량 방정식(1, 2)와 부력에 관한 방정식(3), 연속방정식(4)는 아래와 같다.

* 정회원 · 한국수자원공사 k-water 연구원 선임연구원 · E-mail : jnoh@kwater.or.kr
** 정회원 · 한국수자원공사 k-water 연구원 위촉연구원 · E-mail : jinyounglee@kwater.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 k-water 연구원 선임연구원 · E-mail : sukang@kwater.or.kr
**** 정회원 · 한국수자원공사 k-water 연구원 선임연구원 · E-mail : lsu@kwater.or.kr

$$\begin{aligned} \partial_t(mHu) + \partial_x(m_y Huv) + \partial_y(m_x Hvu) + \partial_z(mwu) - (mf + v\partial_x m_y - u\partial_y m_x)Hv \\ = -m_y H\partial_x(g\zeta + p) - m_y(\partial_x h - z\partial_x H)\partial_z p + \partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z u) + Q_u \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \partial_t(mHv) + \partial_x(m_y Huv) + \partial_y(m_x Hvv) + \partial_z(mwv) - (mf + v\partial_x m_y - u\partial_y m_x)Hu \\ = -m_x H\partial_y(g\zeta + p) - m_x(\partial_y h - z\partial_y H)\partial_z p + \partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z v) + Q_v \end{aligned} \quad (2)$$

$$\partial_z p = -gH(\rho - \rho_o)\rho^{-1} = -gHb \quad (3)$$

$$\partial_t(m\zeta) + \partial_x(m_y Hu) + \partial_y(m_x Hv) + \partial_z(mw) = 0 \quad (4)$$

수직경계조건이 $z=(0,1)$ 에서 $w=0$ 라고 했을 때 식 (8)을 수심에 대해 적분하면, 아래와 같이 식 (9)으로 표현할 수 있다.

$$\partial_t(m\zeta) + \partial_x(m_y H \int_0^1 u dz) + \partial_y(m_x H \int_0^1 v dz) = 0 \quad (9)$$

위 식 (9)에서 H 는 총 수심으로 $h+\zeta$ 로 표현할 수 있으며, p 는 압력, f 는 Coriolis 변수, A_v 는 수직 흐름의 점성, Q_u 와 Q_v 는 momentum source-sink terms, b 는 부력을 의미한다.

3. 모의 결과 및 분석

전체 모의 구간은 섬진강 하구에서부터 25km 지점까지로 하였으며, 하구에서부터 9km 떨어진 목도리지점, 13km 떨어진 섬진철교지점, 16km 떨어진 문화예술회관 지점을 주요 지점으로 보았다. 그림 1과 그림 2에서 보면 flushing 방류량이 있는 경우와 없는 경우에 있어 염분 침입양상에 대해서는 별다른 차이를 느낄 수 없다. 그러나 이는 그림 스케일에 따른 것으로 판단된다. 그림 3과 그림 4에서 보면 각 단면에서의 염분도는 두 가지 경우에 있어 차이가 있음을 알 수 있다.

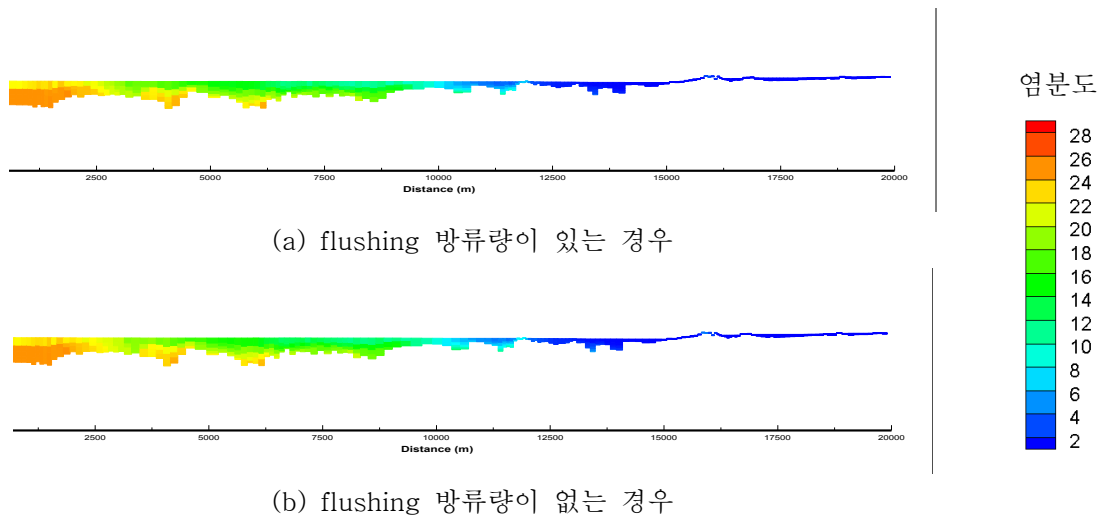


그림 1. 하천 측면도 - 염분침입양상

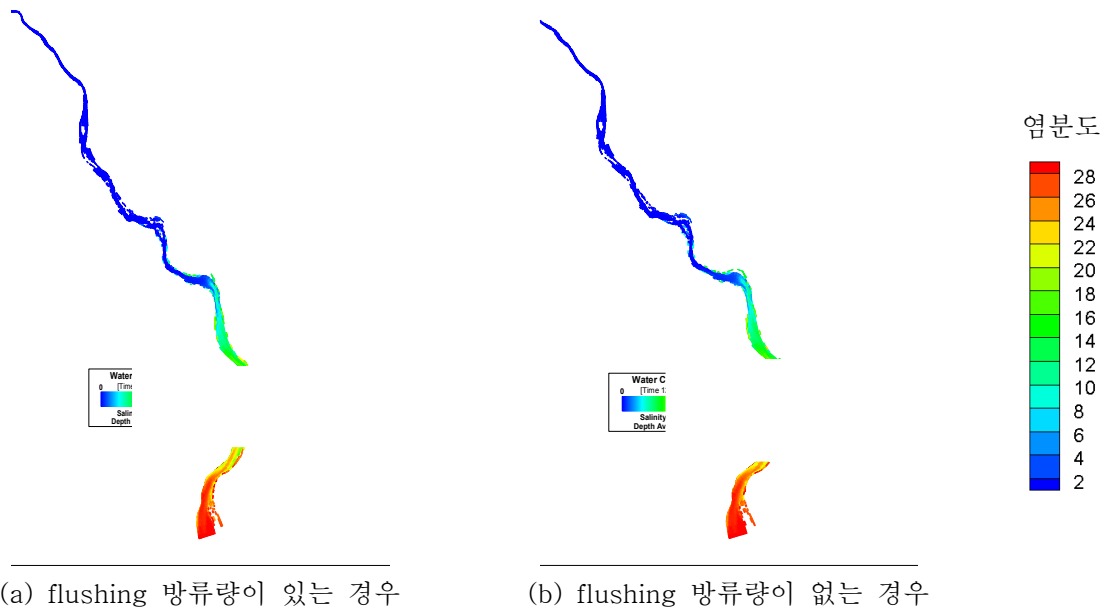


그림 2. 하천 평면도 - 염수쇄기현상 확인

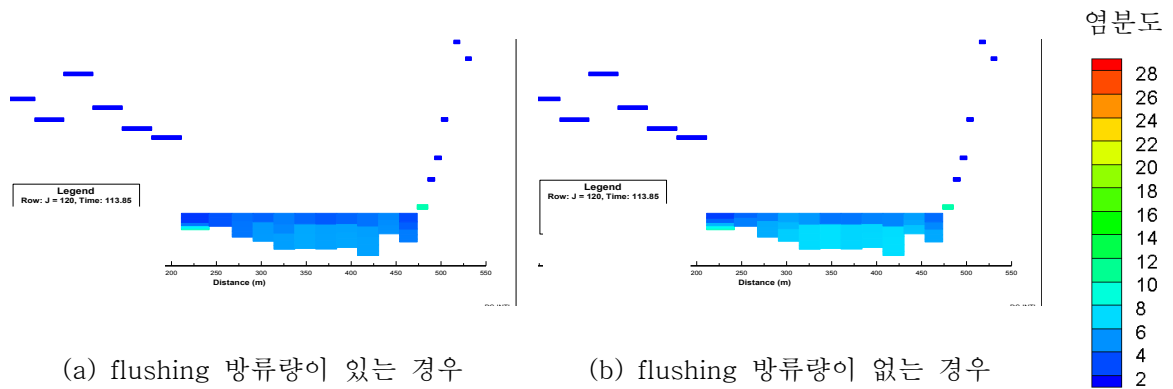


그림 3. 하천 단면도 - 문화예술회관 지점

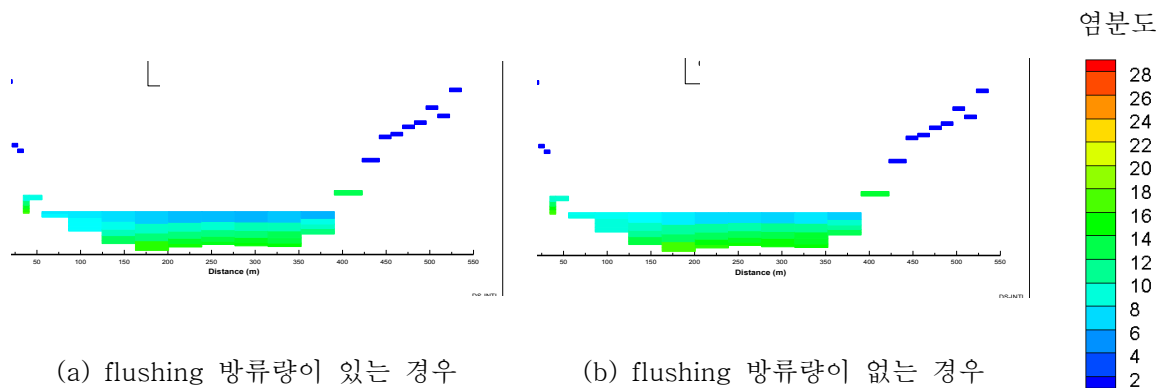


그림 4. 하천 단면도 - 섬진철교 지점

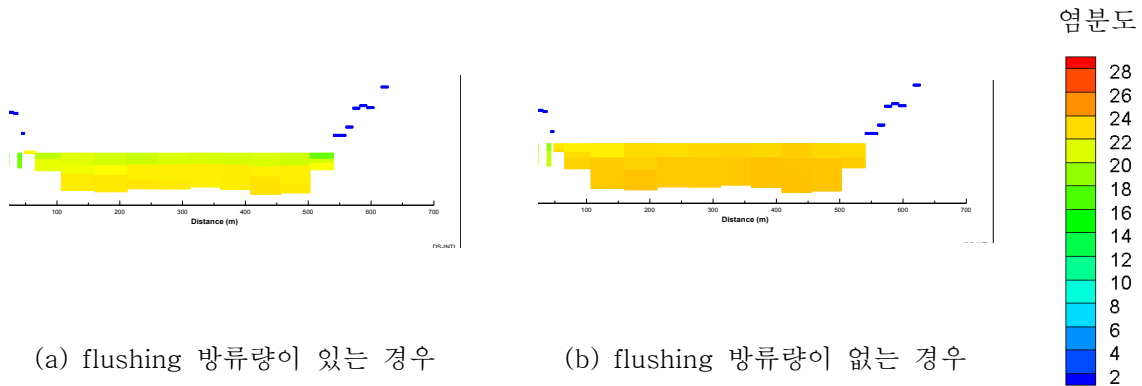


그림 5. 하천단면도 - 목도리 지점

4. 결 론

본 연구에서는 섬진강 하구에서 flushing 방류량의 유무에 따른 염수침입영향 정도를 파악하기 위해 EFDC를 모의하여 결과를 비교해 보았다. 모의 결과 저수기 및 갈수기 시에 수질개선을 목적으로 실시한 flushing 방류는 동 시간 때 같은 위치에서의 염분 분포를 다르게 함으로써 염분 침입 방지에 대해 그 효과가 있다 하겠다. 이는 담수유량이 많아지면 하구의 염분을 바다쪽으로 밀어낼 것이라는 추측과도 일치하는 것으로 앞으로 섬진강에서의 유량관리가 섬진강 하구의 염수 침입 방지에 중요 영향인자로 작용할 것이라 할 수 있다. 그러나 섬진강 하구와 같은 약혼합형 하구의 염분 침투정도와 양상은 조석류와 바람, 파도 등의 영향을 받지만 본 연구에서는 조석류에 대해서만 고려하였으므로 염분의 실제 침투양상을 재현하기 위해서는 조석류 뿐만 아니라 하구에서의 바람과 파도에 대한 영향도 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김종규(2008), 섬진강 하구역의 3차원 혼합특성 연구, 한국해양환경공학회지 Vol 11, No.3 pp 164-174
2. 정성태 등(2009), 2차원 및 3차원 수치모형을 이용한 섬진강 하구부 염수침입 분석, 한국수자원학회 2009년도 학술대회 논문집 pp. 785-790
3. Xu, Hongzhou(2008), Numerical study on salinity stratification in the Pamlico river estuary, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 80, issue 1, 20 October 2008, pp.74-84