



The variation of channel flow through opening the gate at Shimgok-Cheon by using SMS program

Kim, Chanyeong^a · Jeong Gwansoo^b · Kim, Youngkyu^{c*}

^aMaster Candidate, Department of Civil Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea

^bProfessor, Department of Civil Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea

^cSenior Researcher, International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, Incheon, Korea

Paper number: 24-022

Received: 5 April 2024; Revised: 22 May 2024; Accepted: 23 May 2024

Abstract

By installing the gate at the estuary to prevent the inflow of seawater into the river, it was prevented the inflow of seawater into the river, but as a result, the velocity of the river was rapidly decreased, turning it into a river with almost stoped flow. Since a river must have flow to maintain its function, in this study, it examined improving the flow of the river through the operation of a gate in Simgok-cheon where is a river that has been closed by a hydrological system at the estuary and almost stoped flow. It was considered that if the gate are operated according to the tide level, it could be changed into a river through which water flows by raising it to 0.49 m/s, which is about 10 times faster than the current slow flow rate of 0.05 m/s while maintaining the highest or lowest target elevation.

Keywords: Closed estuary, Variation of channel flow, Opening estuary gate, SMS

SMS를 이용한 인천 심곡천 하구 수문개방에 따른 하천흐름변화 분석

김찬영^a · 정관수^b · 김영규^{c*}

^a충남대학교 토목공학과 석사과정, ^b충남대학교 토목공학과 교수, ^c(재)국제도시물정보과학연구원 책임연구원

요 지

하천으로 해수의 유입을 막기 위해 하구에 수문을 설치함으로써 해수유입은 막을 수 있었으나 이로 인해 하천의 유속은 급격히 감소하여 흐름이 없는 하천으로 변화되었다. 하천은 흐름이 있어야 하천의 기능을 유지할 수 있기에 본 연구에서는 하구에 수문 설치로 인하여 흐름이 발생하지 않은 하천인 심곡천을 대상으로 수문 운영을 통해 하천의 흐름을 개선하도록 검토하였다. 조위에 따라 수문을 운영하게 되면 최고 및 최저 목표수위를 유지 하면서 현재 0.05 m/s의 느린 유속에서 약 10배 정도 빠른 0.49 m/s까지 상승시켜 물이 흐르는 하천으로 변화시킬 수 있는 것으로 검토되었다.

핵심용어: 하천하구, 닫힌하구, 수문개방, 흐름변화, SMS

1. 서 론

하구는 강과 바다가 만나는 지역으로 바다로부터 조석, 파랑, 해수가 유입되며 동시에 강에서 담수와 퇴적물의 유입이 있는 지역이다. 특히 강과 바다가 만나면서 수층과 퇴적물 속에 영양염이 높아 생산성이 높은 환경으로 경작이 잘 발달된

지역으로 우리나라의 대표적인 지역으로 낙동강 김해평야, 만경강 김제평야 등이 있으며 세계적으로도 중국의 양쯔강, 인도의 갠지스강, 동남아시아의 메콩강과 짜오프라야강 등이 유명한 지역이다. 그러나, 우리나라의 경우 벼농사에 대한 중요성이 줄어들고 특용작물의 재배가 보편화 되고 넓은 평야의 벼농사보다 밭농사로 전환되고, 퇴적물에 의한 영양분보다 비료에 의한 영양공급이 활발해지면서 열린하구의 장점보다 염해로 인한 피해를 막기 위해 하구를 닫아 바닷물이 들어

*Corresponding Author. Tel: +82-70-4756-3182

E-mail: youngkyu911@gmail.com (Kim, Youngkyu)

오는 것을 막기 시작했다. 특히 조석간만의 차가 큰 우리나라 서해안과 같은 경우 만조 시 높아진 조위로 인하여 해수가 하천으로 역류, 저지대 침수가 발생하고 지속적인 피해가 발생되었다. 이를 방지하기 위하여 하구를 수문을 설치하고, 조위가 높을 때 수문을 닫아 해수 유입을 막고, 조위가 낮을 때 수문을 열어 자연적으로 방류가 되도록 유지하고 있으며, 우기 및 홍수시를 대비하여 배수펌프장을 설치, 펌프를 이용한 강제 방류를 시행하고 있다.

조위에 의한 침수피해 방지를 위해 수문으로 하구가 막히면서 생태계가 단절되고 하천의 물의 흐름이 막히게 되었으며, 홍수방어를 위하여 하구에는 커다란 유수지를 형성하였다. 이러한 하천의 변화는 물의 흐름을 방해하게 되고 유속은 점차 감소되면서 일부구간에서 정체, 퇴적이 발생되고 퇴적물은 부패되면서 악취 발생, 수질오염이 발생하는 실정이었다.

우리나라의 경우 전국 467개 하구역 중 228개가 하구역이 수문 등으로 닫힌 하구를 유지하고 있으며, 인천의 경우 심곡천, 공촌천, 승기천 등 대부분의 하천이 수문이 설치되어 있어 조위의 영향을 최소화하도록 하고 있다. 그러나 유역의 대부분이 도시화로 인하여 불투수층의 증가로 인하여 유지유량의 유입이 감소하고 하천의 유속은 현격히 줄어들게 되고 있으며, 하수관로의 오점합 및 오폐수의 무단방류가 증가하면서 오염원의 유입이 크게 늘어 수질오염을 더욱 가속화시키고 있으며, 수질사고로 물고기들의 폐사사고가 빈번히 발생되고 있는 실정이다.

최근들어 하천정비의 개념이 생태하천으로 전환되면서 닫힌 하구에 대한 문제점을 제시하고, 일부 지역에서는 닫혀있던 하구를 열어 방류하고 더 나아가 상시 개방하여 바닷물과 순환하여 소통시키려는 노력이 진행되고 있다. 낙동강의 경우 여러 차례 하구를 개방하려고 노력해 왔고, 2022년부터는 전면 개방을 통하여 자연 상태로 돌아가려는 노력을 기울이고 있다(ME, 2021). 경기도 시화호의 경우도 간척사업의 결과로 형성된 해수호지만, 해수의 유입을 막고 담수호로 바뀌 농업용수공급을 목적으로 하였으나, 공장의 폐수와 하수가 유입되면서 죽음의 호수로 불릴 만큼 수질이 악화되었다. 그러나 오염물질 유입을 차단하면서 닫혀있던 하구를 개방, 조력발전소 수문을 통하여 바닷물이 통수되면서 환경문제를 해결하게 되었다(Kim *et al.*, 2020).

또한, 하구 순환 유지에 따른 하구 주요 생물 군집별 다양성 특성에 대한 연구를 통하여 부작돌말류, 저서성 대형무척추 동물 및 어류 등 생물상 자료를 이용하여 다양성을 산출하고, 열린하구와 닫힌하구 간의 비교를 통해 하구독 및 방조제 존

재로 인한 하구 순환 유지 여부가 생물 군집의 종 다양성에 미치는 영향에 대해 분석이 여러 연구를 통하여 제시되고 있는 실정이다(Oh *et al.*, 2022).

이러한 다양한 시도는 대하천을 통하여 생태학적, 수문학적 가능성을 검토하고 있는 실정으로 작은 유역의 중소하천이나 유역 대부분이 도심지인 하천에서는 적용이 시도된 사례가 없다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 조석간만의 차가 가장 큰 인천지역의 도시하천을 대상으로 수문 운영방식 변경을 통한 해수 통수에 따라 하천의 흐름변화가 어떻게 나타나는지 검토하였다.

2. 연구방법

2.1 대상하천 선정

본 연구의 대상 하천인 심곡천은 Fig. 1에서 보듯이 인천광역시 서부 철마산에서 발원하여 유하하다 청라국제도시 남측을 감싸고 흘러 서해로 유입되는 하천이다. 유역 중 상부 일부 지역을 제외하고 경사가 낮으며, 농경지 및 개활지 등 대부분 평탄한 지형을 이루고 있으며, 하천의 유지유량이 부족하여 하수처리장으로부터 하수처리 재이용수를 공급받아 하천유지용수로 공급하고 있는 실정이다.

2008년 청라국제신도시를 개발하면서 하천 하구에서의 조위영향을 막기 위하여 수문을 설치하였으며, 홍수시 유역에서 유출되는 유량을 저류할 수 있도록 하천 말단부에 저류공간을 확보할 수 있도록 하였다. 청라국제신도시의 도시경관을 위하여 하천을 일정수위(EL-1.5 m) 이상으로 유지할 수 있도록 수문을 운영하고 있어 상시 하천의 수면을 형성할 수 있도록 하였으나, 유지유량이 부족하여 매우 느린 유속을 형성하고 있는 실정이다.



Fig. 1. Present status of Shim-gok-cheon

2.2 수치모형 구성

2.2.1 수치모형

본 연구에서는 하천의 유체흐름을 2차원 동수역학적으로 해석할 수 있는 프로그램인 SMS를 사용하였다. SMS 프로그램은 RMA2 모델을 사용하여 하천의 수위, 유속을 계산하고 국부적인 2차원 흐름변화를 제공하고 있으며, SRH-2D (v3.5) 모델은 정상류, 부정류 및 상류/사류 흐름을 모의하고 수리구조물 해석 뿐 아니라 유사이송에 따른 하상변동 예측이 가능하다(EMRL, 2023).

2.2.2 모형구축

모형 구축에 사용되는 지형자료는 하천 횡단을 포함한 전 구간에 대한 측량된 자료인 2010년에 작성한 심곡천 하천기본계획 자료를 활용하였다(Incheon, 2010). 청라신도시 형성 과정에서 심곡천의 하천 환경 개선사업 및 우수지 조성에 대한 자료를 이용하여 대상하천에 대한 정확한 모형 구축이 가능하도록 검토하였으며, 대상구간은 심곡배수수문부터 가정유수지가 유입되고 있는 청라낙차공까지 계획하여 지형자료를 구축하였다(LH, 2010; 2015).

모형을 구축한 전체길이는 심곡배수문 지점부터 상류 청라낙차공까지 5.5 km이며, 이중 하류부 흐름의 변화를 상세히 분석하기 위하여 하류 500 m 구간은 세분화하여 모형을 구축하였다. 전체적 구간의 격자 간격은 6 m로 구성하였으며, 하류부는 수문에 의한 흐름변화를 분석하기 위하여 보다 좁은 3m로 격자를 구성하여 총 격자개수는 17,900개로 수치모형을 구성하였다.

2.2.3 경계조건

(1) 상류경계조건

심곡천의 검토 대상구간의 상류경계조건으로는 상류 유입 유량은 하천유지유량이 유입되는 것으로 검토하였으며, 이때 유량은 풍수량 기준으로 0.6 m³/sec 이다(Incheon, 2019). 별도 지류에서의 유입유량은 없이 상류 지점에서 유입되는 것으로 검토하였다.

(2) 하류경계조건

하류경계조건은 심곡천이 조위에 영향을 받는 하천으로 하구에서 가장 가까운 조위관측소인 국립해양조사원 영종대교 조위관측소의 실측자료(2022년 12월 15일~16일)를 적용하였으며 이때 조위변화는 Fig 2와 같다. 프로그램 특성상 수위가 지표고 이하로 설정되지 않아 조위가 지표고(-EL3.0 m) 이하로 내려가는 시점에서는 조위를 상류 흐름에 영향이 미치지 않도록 EL-3.0 m로 설정하여 분석하였다.

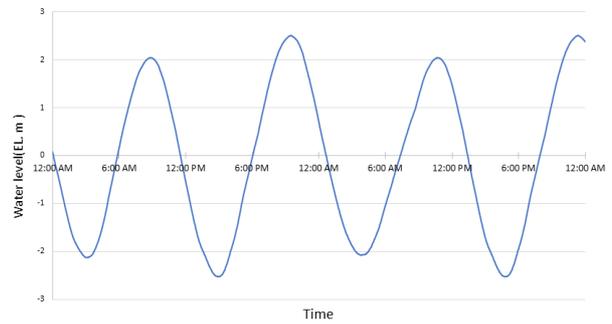


Fig. 2. Adapted real time tidal

Table 1. Simulated cases

case	Water Elevation (EL m)		ΔH
	open	close	
1	-1.5	-2.0	0.5 m
2	-1.0	-2.0	1.0 m
3	-0.7	-2.0	1.3 m
4	-0.7	-1.5	0.8 m
5	-0.7	-1.0	0.3 m

2.3 수문 운영 방식

하천 말단에 설치되어 있는 수문은 조위의 상승으로 인하여 해수의 역류로 인한 하천수위 상승 및 제내지 침수 목적으로 설치된 것으로 본 연구에서는 수문의 운영 수위를 변화시킴에 따라 변하는 흐름 개선 효과를 확인하기 위함으로 수문개방에 따른 심곡천의 하천 흐름 변화 검토를 위하여 풍수기에 대한 시나리오별 검토를 진행하였다. 수문운영에 따른 수위 조건은 현재 운영 중인 수위를 고려하여 EL-1.5 m 이하의 경우와 EL-1.0 m 이하, EL-0.7 m 이하 등 3가지 경우에 대하여 검토하였으며, 이때 최저 수위는 하천의 유지를 위하여 EL-2.0 m로 제한하였으며, 분석에 적용된 시나리오는 Table 1과 같다.

검토지점은 전체적인 심곡천의 수위 및 유속변화를 검토하기 위하여 상류부터 하류까지 구간에 대하여 4개 지점을 선정하였다. 각 지점의 지점번호는 하류부터 No 1, No 21, No 61, No 95이며, 하천 종점으로부터 50 m, 1,000 m, 3,000 m, 4,750 m 상류의 지점을 대상으로 검토하였다.

3. 연구결과

3.1 현 상태에서의 흐름

심곡천의 운영수위는 EL-2.0 m에서 EL-1.3 m 사이의 수위를 유지하고 있으며 이를 위하여 조위가 낮아질 때 수문을 열어 하천에 저류된 유량을 방류하고 있는 상태에 대하여 수치

모형을 통해 흐름에 대해 모의하였다.

3.1.1 수위변화 분석

심곡천 수문을 닫은 상태에서 풍수량 유입으로 인하여 심곡천 수위변화는 Fig 3과 같이 13시 EL-1.416 m에서 19시 EL-1.355 m까지 0.061 m 상승하는 것으로 분석되었으며 이는 시간당 약 0.01 m의 미미한 수위 상승이 나타나는 것으로 분석되었다.

관리 수위인 EL-1.3 m 도달함에 따라 조위가 낮아지는 시점에서 수문을 개방하여 심곡천 내 저류된 유량을 방류하면서 5시간 후 수문을 닫힐때까지 심곡천의 수위는 EL-1.8 m까지 낮아지는 결과를 나타내고 있다.

3.1.2 수위변화 유속

심곡천 하구의 수문이 닫혀있는 시점에서는 각 지점에서의 유속은 0.05 m/s 이하의 흐름이 거의 없는 것으로 나타났으나, 수문 개방시점에서 Fig 4와 같이 모든 지점에서 약 2배까지 유속이 증가되는 것으로 나타났다. 특히 수문 부근에서 0.29 m/s의 유속이 나타나 큰 유속 변화가 나타나는 것으로 분석되었다.

3.2 수문 개도조건 변화에 따른 흐름변화

3.2.1 CASE1

Case1의 경우 현재보다 더 낮은 상태로 운영할 수 있는지를 위하여 최고수위를 EL-1.5 m에서 수문을 여는 것으로 검토하였다. 또한 심곡천의 건천을 막기 위하여 하천수위를 1.0 m 이상을 유지할 수 있도록 최저수위가 EL-2.0 m까지 내려갈 때 수문을 닫아 수위를 유지하도록 분석하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 조위가 하천수위보다 낮아지는 13시 50분에 수문을 열어 방류가 시작되면서 하천수위도 낮아지는 것으로 나타났으나, 수문의 폭이 크지 않아 방류량이 적어 수위가 낮아지는 속도는 조위보다 느리게 하강하는 것으로 나타났다.

조위가 상승하면서 하천수위보다 높아짐에 따라 수위의 역전현상이 나타나고 있으나 유입되는 유량이 적어 수위 상승 폭이 느리게 나타나고 있으며, 15시 10분에 수문을 닫아 계획했던 수위인 EL-1.5 m을 유지할 수 있도록 하였다. 이후 조위에서는 EL-2.0 m 이하를 유지하는 시간이 길어짐에 따라 수문을 닫아 수위를 유지할 수 있도록 하였다. 이때 심곡천에서 최소 수위는 EL-0.69 m이며 최대 수위는 EL-1.98 m로 나타났다.

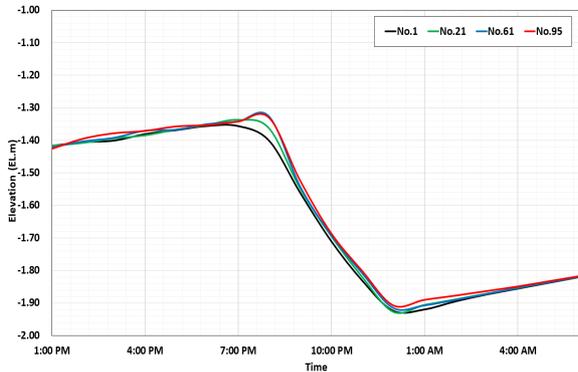


Fig. 3. Variation of water elevation at present state

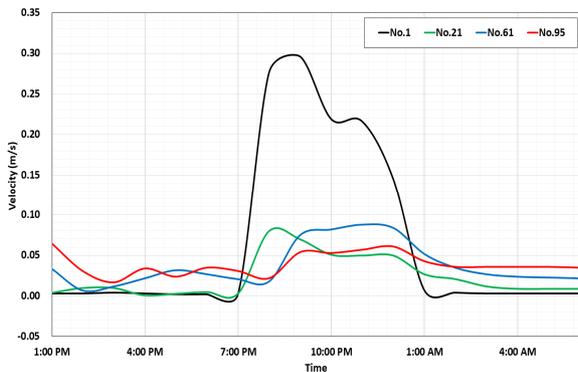


Fig. 4. Variation of velocity at present state

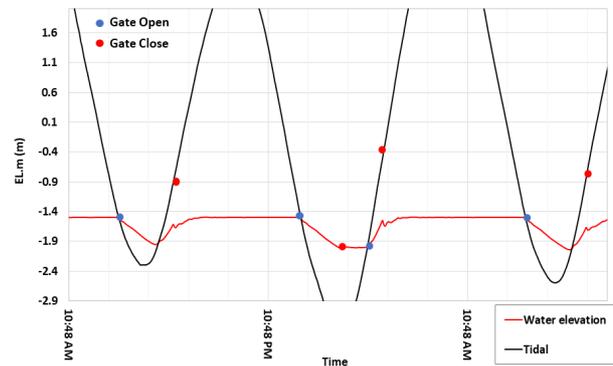


Fig. 5. Variation of water elevation at Case1

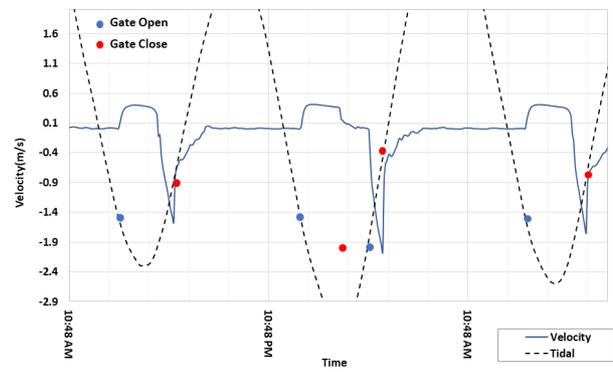


Fig. 6. Variation of velocity at Case1

유속의 경우 Fig. 6와 같이 수문이 닫혀있는 경우 0.02 m/s 내외로 느리게 흐르는 것으로 나타났으나, 조위가 낮아져 수문을 개방하는 시점에서 유속이 0.41 m/s로 높아져 빠른 유속을 나타내고 있다. 이후 조위 상승에 따라 해수가 유입되면서 역류가 발생하고 이로 인하여 유속은 -2.1 m/s까지 나타나는 것으로 분석되었다.

3.2.2 CASE2

Case2는 Case1보다 수문을 여는 시점을 더 빨리하여 최고수위를 EL-1.0 m까지 상승시키도록 하였다. 그러나 수문을 닫는 시점은 Case1 과 동일하게 최저수위가 EL-2.0 m까지 내려갈 때 닫아 수위를 최소 1.0 m 이상을 확보할 수 있도록 하였다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 조위가 하천수위보다 낮아지는 13시 20분에 수문을 열어 방류가 시작하였으며, 조위가 낮아졌다 다시 EL-1.0 m에 도달하는 17시에 닫는 것으로 검토하였다.

Fig. 8과 같이 하천의 최고수위는 EL-0.95 m로 나타났으며 최저수위는 Case1과 동일하게 EL-1.98 m로 나타났다. 반면 유속의 경우 최대 0.47 m/s까지 빠르게 나타났으나, 해수가

유입함에 따라 발생하는 유속은 -3.0 m/s로 Case1 보다 50% 더 증가되는 것으로 나타났다.

3.2.3 CASE3

Case3는 Case1, 및 2 보다 수문을 여는 시점을 더 빨리하여 최고수위를 EL-0.7 m까지 상승시켜 하천의 고수부지고(EL0.0 m)에 여유고(0.6 m)를 확보할 수 있도록 하였다. 수문을 닫는 시점은 Case1, 2와 동일하게 최저수위가 EL-2.0 m를 유지하였다. 조위가 하천수위보다 낮아지는 13시 05분에 수문을 열어 방류가 시작하였으며, 조위가 낮아졌다 다시 EL-1.0 m에 도달하는 20시에 닫는 것으로 검토하였다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 최고수위는 EL-0.69 m로 나타났으며 최저수위는 Case1과 동일하게 EL-1.98 m로 나타났다. 반면 유속의 경우 Fig. 10과 같이 최대 0.49 m/s로 Case2에 비해 약 0.02 m/s 빠르게 나타났으나, 해수가 유입함에 따라 발생하는 유속은 -2.76 m/s로 Case2 보다 10% 감소하는 것으로 나타났다.

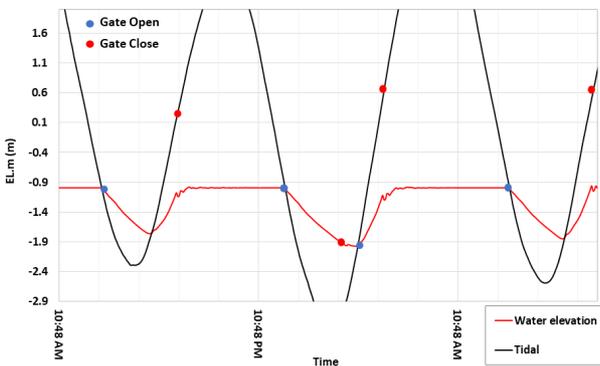


Fig. 7. Variation of water elevation at Case2

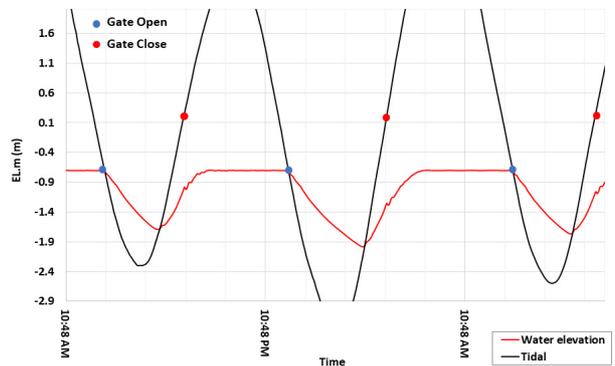


Fig. 9. Variation of water elevation at Case3

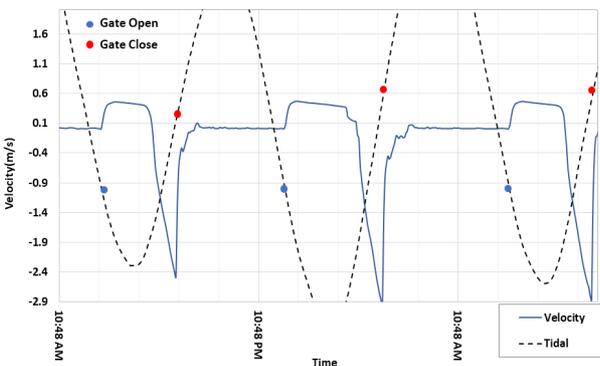


Fig. 8. Variation of velocity at Case2

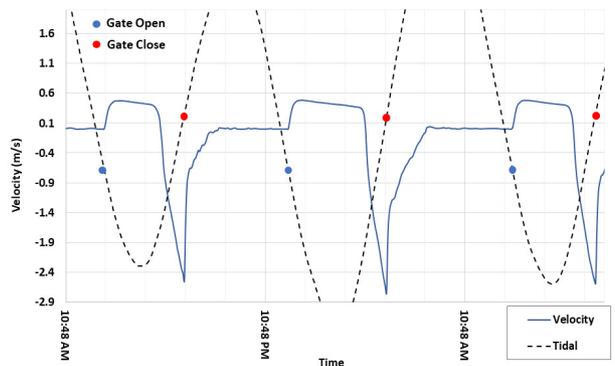


Fig. 10. Variation of velocity at Case3

3.3 수문 닫는 조건 변화에 따른 흐름변화

수문 개방 조건에 따른 변화에서 하천의 최고수위를 하천 운영수위인 EL-1.5 m에서 0.8 m 상승시킨 EL-0.7 m까지 유지 하여도 수위변화가 크지 않은 평수기에 큰 문제가 없는 것으로 검토하였다. 따라서 본 장에서는 수문을 여는 조건은 유지한 상태에서 닫는 조건을 변화시키면서 흐름 변화를 검토하였다.

3.3.1 CASE4

Case3와 동일하게 하천의 최고수위를 EL -0.7 m를 적용하였으며, 최저수위는 수문을 운영하여 기존에 검토한 조건보다 약 0.5 m 상승시켜 하천수위를 EL-1.5 m까지 유지하는 조건으로 검토하였으며 이때 하천수위는 1.5 m을 이상을 유지 하도록 하였다.

Fig. 11과 Fig. 12는 Case4에서의 수위 및 유속 변화를 나타 내고 있다. Case4는 수문을 여는 조건이 Case3과 동일하기에 하천에서의 최고수위 및 최대유속은 Case3와 동일하게 나타 났다. 그러나 수문을 조위가 0.5 m 높은 시점에서 닫다보니 하천의 최소수위는 EL-1.51 m로 Case3에 비해 0.47 m 높아진

것으로 나타났다. 또한 역류로 인해 발생하는 유속의 경우 -2.45 m/s로 Case2 및 Case3 보다 각각 0.54 m/s, 0.31 m/s 느리게 나타나는 것으로 분석되었다.

3.3.2 CASE5

Case5는 Case4보다 최고수위를 0.5 m 상승시켜서 검토하였으며 이때 하천수위를 EL-1.0 m로 하였다. 이 경우 하천에서 변화되는 수위 폭은 0.3 m로 수위의 변화가 크지 않고 상시 유지할 수 있는 방안을 검토하였다.

Fig. 13과 Fig. 14는 Case5의 수위 및 유속변화를 나타내고 있으며, Case4와 동일하게 하천에서의 최고수위 및 최대유속은 Case3와 유사하게 나타났으나 최대수위가 0.58 m로 약 0.1 m 상승하는 것으로 나타났다. 또한 수위변화폭이 적게 되면서 해수 유입으로 발생하는 역류 유속의 변화는 다른 Case에 비해 적게 나타났으며 최대 -1.79 m/s로 나타났다.

3.4 수문 개방에 따른 흐름 변화

수문 개방 및 운영을 통하여 하천에 해수가 유동되면서 하

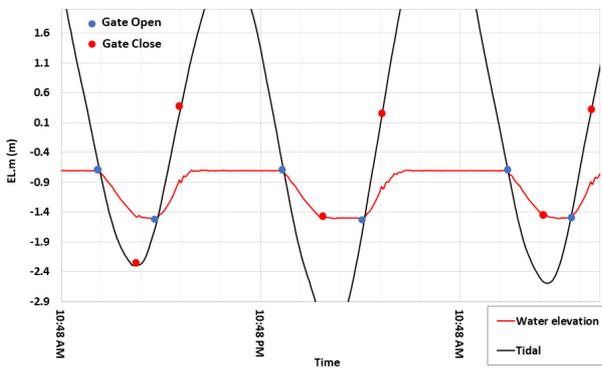


Fig. 11. Variation of water elevation at Case4

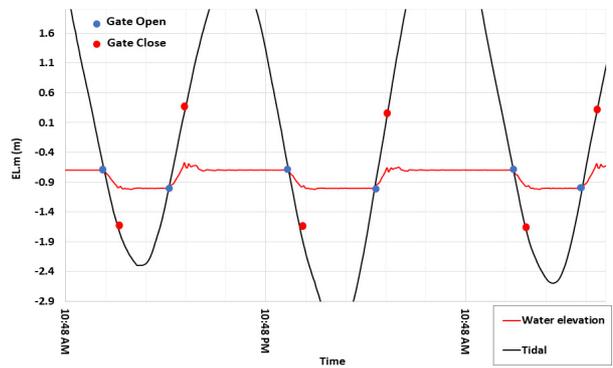


Fig. 13. Variation of water elevation at Case5

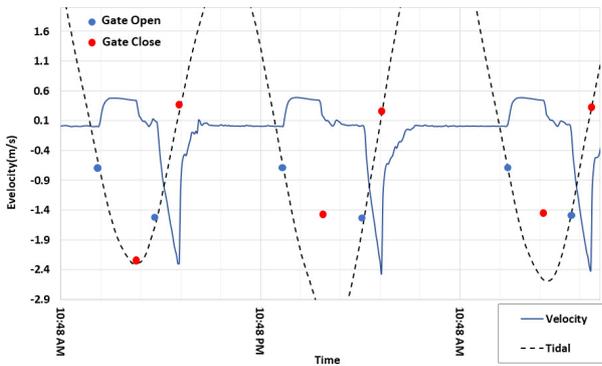


Fig. 12. Variation of velocity at Case 4

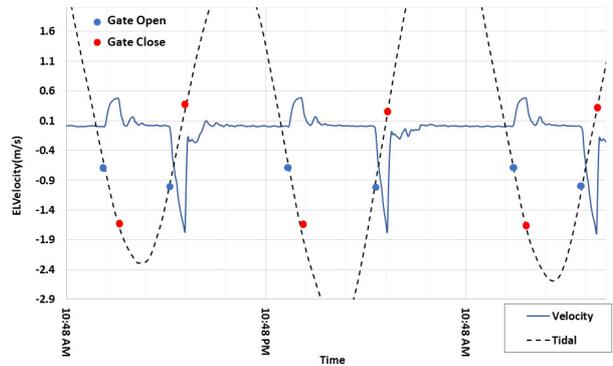


Fig. 14. Variation of velocity at Case 5

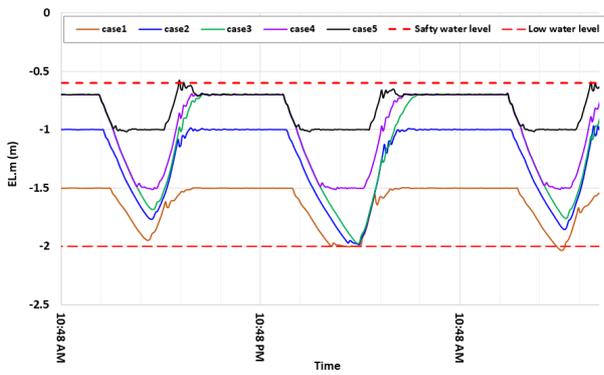


Fig. 15. Variation of water elevation by cases

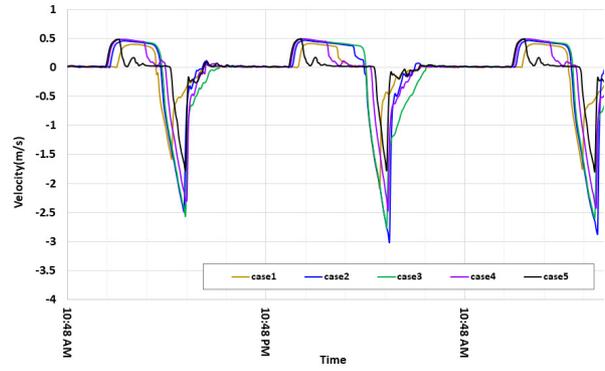


Fig. 16. Variation of velocity by cases

Table 2. Variation of water level by operation case

case	Operation range	Water level gap	ΔH
1	0.5 m	0.66 m	0.16
2	1.0 m	1.03 m	0.03
3	1.3 m	1.29 m	-0.01
4	0.8 m	0.82 m	0.02
5	0.3 m	0.44 m	0.14

Table 3. Variation of velocity by operation case

case	Max velocity	Min velocity	Velocity gap
1	0.41 m/s	-2.07 m/s	2.48 m/s
2	0.47 m/s	-3.01 m/s	3.48 m/s
3	0.49 m/s	-2.76 m/s	3.25 m/s
4	0.49 m/s	-2.45 m/s	2.94 m/s
5	0.49 m/s	-1.79 m/s	2.28 m/s

천의 흐름 변화를 검토하였다.

3.4.1 수위 변화 분석

수문의 운영범위를 변화를 통하여 운영중인 심곡천 수위의 확장성을 검토하였다. Fig. 15와 Table 2는 각 Case 별 수위 변화를 나타내고 있다. 운영수위는 여유고를 고려한 최고수위와 하천유지를 위한 최저수위를 고려하여 EL-2.04~EL-0.58 m로 운영 범위를 확장할 수 있도록 분석하였다. 이는 현재 운영 범위보다 2배 이상 확장하여 운영할 수 있는 가능성을 검토하였다.

대상하천인 심곡천의 경우 풍수기 입에도 상류에서 유입되는 유량이 적어 수문운영에 따라 수위가 변동되는 것으로 나타났으며, Case1이나 Case5와 같이 수문 여닫는 시점의 차이가 적은 경우에 수위 변화폭이 오히려 크게 나타나는 것으로 분석되었다. Case1과 Case5처럼 수문 운영에서 여닫는 시점의 차이가 작기 때문에 수문 운영높이에 따른 수위차이 민감도가 크기 때문으로 판단된다.

3.4.2 유속 변화 분석

Fig. 16과 Table 3에서 보듯이 유속변화의 경우 수위 변화와 달리 하류의 유속변화는 크게 발생하는 것으로 나타났다.

특히 수문부근에서 유속변화는 기존에 해수 유입을 차단하는 목적으로 수문을 운영할 때 보다 수문 개방 시 발생하는 방류유속이 0.29 m/s에서 0.41 m/s로 1.5배 증가되는 것으로

검토되었다. 또한 조위 상승으로 인하여 해수가 하천으로 유입되는 시점에서 최대유속은 3.01 m/s까지 증가되는 것으로 검토되었다.

수문운영에 따라 최대 유속은 0.41 m/s~0.49 m/s로 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 해수 유입으로 인해 발생하는 역류 유속은 1.79 m/s~3.01 m/s로 Case마다 큰 변화를 나타내고 있다. 특히 수위과 달리 유속에서는 Case1과 Case5의 경우가 적은 차이를 나타내고 있는 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서 수문으로 닫혀있는 심곡천에 대하여 수문 운영방식을 다양화하여 정체되어 있는 하천의 흐름을 개선할 수 있는 방법에 대하여 검토하였다.

현재 심곡천 운영방식을 적용하여 수치해석 결과 풍수기 기준 시간당 0.01 m이하의 수위상승과 0.05 m/s의 유속의 하천 흐름이 나타나고 있어, 실질적으로 흐름이나 변화를 분별하기 어려운 하천임을 확인하였다. 그러나 심곡천 하구에 있는 수문을 다양하게 운영할 경우 하천의 수위는 시간당 0.3 m 이상의 수위 상승 및 하강이 발생하는 것으로 검토되었다. 특히 0.05 m/s이하로 흐르는 심곡천의 유속은 수문을 개방하고 닫는 운영만으로 0.49 m/s까지 약 10배까지 증가하는 것으로

나타났다. 또한 조위 상승 시 수문 개방할 경우 수문 부근에서 해수가 유입되면서 유속이 3.01 m/s까지 상승하는 것으로 분석하였다.

검토된 Case를 통하여 수문 개방과 닫는 시점의 차이가 클 경우 유속에 있어서 변화폭이 크게 나타나는 것으로 검토되었으나, 수위변화에 있어서 수문 운영조건 이상의 변화는 오히려 적게 나타나는 것으로 검토되었다. 추가적인 방식의 변화 등의 검토를 통하여 적정 유입유속 및 수위변화를 검토해 볼 필요는 있으나, 상시 달아서 운영하는 수문이 있는 흐름이 없는 하천의 흐름을 개선하기 위하여 수문을 열고 닫음으로써 흐름의 개선의 효과가 나타날 것으로 판단된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL) (2023). *SMS usual manual (v13.1)*. Hydrosoft.
- Incheon Metropolitan City (Incheon) (2010). *River master plan of Shimgok-cheon*.
- Incheon Metropolitan City (Incheon) (2019). *River master plan of 9 river include Gumdang-Cheon*.
- Kim, T.K., Lee, M.H., and Lee, J.S. (2020). *New fleshy appearance at Sihwa Lake*. Jisumgsa.
- Korea Land & Housing Corporation (LH) (2010). *Development of free economic zone in Cheongna District, Incheon*.
- Korea Land & Housing Corporation (LH) (2015). *Cheongna international city waterfront ecological environment and water resin construction project*.
- Ministry of Environment (ME) (2021). *A study on the improvement of the operation and ecological restoration of Nakdong River's estuary dike*.
- Oh, H.J., Jang, M.H., Kim, J.H., Kim, Y.J., Lim, S.H., Won, D.H., Moon, J.S., Kwon, S.H., and Chang, K.H. (2022). "Comparative analysis of diversity characteristics (γ -, α -, and β -diversity) of biological communities in the Korean peninsula estuaries." *Korea Journal of Ecology and Environment*, Vol. 55, No.1, pp. 84-98.