

낙동강 하구 염분 농도 분포에 관한 연구

The Study of Salinity Distribution at Nakdong River Estuary

박상길¹, 노태영², 김도훈³, **한중수⁴**

Sang Kil Park¹, Tae Young Noh², Do Hun Kim³ and Chong Soo Han⁴

1. 서 론

낙동강은 한국에서 가장 긴 강으로서 1300만이 넘는 시민들에게 음용수를 제공해주는 아주 중요한 역할을 하고 있다. 지난 수십년 간의 빠른 발전과 도시 인구의 폭발적 증가로 인해 낙동강 하구둑을 건설하였다. 이 하구둑은 조수에 의한 강 상류쪽의 염분침투를 막고 지속적으로 담수를 공급하기 위하여 건설되었지만, 최근 염분 농축현상과 염분 침투는 낙동강에서 새로운 문제로 대두되고 있다. 하구 주변의 환경변화로 인한 하구의 변화에 관한 연구는 많이 진행되어 왔지만, 낙동강 하구둑의 유지와 관리에 대한 필요한 염분 침투에 관한 조사는 많이 이루어지지 않았다. 낙동강 하구둑은 담수의 유입과 해수의 유입이 동시에 일어나는 지역이므로, 본 연구에서는 조위와 유입유량의 변화에 따라서 염분 침투의 길이가 어떻게 변화하는지에 대한 모의를 실시하였다. 유입 유량이 작을 경우에는 강과 바다의 상호작용으로 인한 염분의 침투현상이 직접적으로 영향을 미치기 때문에 하구에서 가장 중요한 문제로 떠오르게 된다. 염분 침투는 유입유량과 같은 외부 작용력에 대하여 매우 민감하게 작용을 한다. 염분도 수치 모델링의 목적은 하구둑 하류에서 상류로의 염수 침입을 분석하는 것이다. 이 연구는 하구둑이 염분을 차단할 수 있는 수리학적 조건을 제시하므로 상류수위를 결정하는 요건이 된다.

2. 모델링 개요

2.1 ECOMSED 모델의 개요

ECOMSED(Three-Dimension Hydrodynamic and Sediment Transport Model)은 1980년대에 태동된 POM(Princeeton Ocean Model)을 근본으로 하고 있다. 기본적으로 천수방정식을 지배방정식으로 하고 있으므로 하구, 해안 그리고 해양등 다양한 지표수에 대해 적용이 가능하다. 이 모형은 직교 곡면형 선형 좌표계(Orthogonal Curvilinear Coordinate System)을 이용함으로써 유한 요소의 격자 생성과 같은 불규칙한 해안경계의 표현력이 뛰어나고 특정 구간에 대해 집중적으로 분석이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 또한 물의 온도, 염분, 혼합과 수송등에 관한 퇴적물 운송 모델링도 가능하다. 특히 cly, silt 혹은 유기 물질등의 점착성 저질에 대해서는 재부유, 침적, 수송등의 계산이 가능하며 가틀 모래등과 같은 비점착성 저질의 부유 수송또한 van Rijn의 이론(van Rijn, 1984)에 근거해서 계산이 가능하다. 이와 같은 수송모의는 1차원 소멸을 고려하여 해석 할 수 있는 기능 또한 가지고 있다. 또한 이 모델은 여러 가지의 모듈로서 구성이 되는 데 이런 모듈은 서로 직·간접적으로 연결 되어 있다.

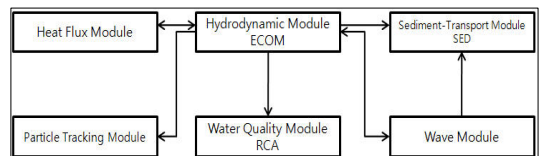


그림 1. ECOMSED 모델 구성도

1 부산대학교 사회환경시스템 공학부 토목공학전공 교수
 2 부산대학교 사회환경시스템 공학부 토목공학전공 박사과정
 3 부산대학교 사회환경시스템 공학부 토목공학전공 박사과정
 4 발표자: 부산대학교 사회환경시스템 공학부 토목공학전공 석사과정

2.2 지배 방정식과 유한 차분 격자망

순환 모델의 기본이 되는 방정식은 속도장, 표면장, 수위장, 온도장 그리고 염도장으로서 표현이 가능하다. 이러한 방정식은 3차원 좌표계로서 네가지 지배방정식(연속 방정식, 운동량 방정식, 압력 방정식, 보존 방정식)으로 나타낼 수 있다. 주수로와 홍수터를 구별이 되는 일반 하천의 특성을 고려하여 격자를 생성할 필요가 있다. 또한 하상고를 전 격자에 분포시키는 방법 중 가장 단순한 방법인 전·후면 단면의 선형보간은 실제 주수로내의 최심부를 표현하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 제거하여 실제 하도 형상에 가깝게 표현하기 위하여 횡단면 데이터의 선형 보간 및 Kriging법을 순차적으로 적용하였으며, 측량 단면과 평면도를 참고하여 수정을 하였다. 염수침입 현상을 재현하기 위하여 수평방향에는 직교 곡선좌표계, 연직방향에는 10개의 σ 좌표계를 도입하여 평면 2차원 다층 σ 좌표계를 사용하였다(그림 2). 이러한 격자망은 더 효율적이고 정확한 모델을 얻기위해서 Batten과 Han[1981]에 의해 제안되었다. Δx 와 Δy 는 수평방향으로의 격자를 나타내고 $\Delta \sigma$ 은 모델을 더 정확하게 나타내기 위한 각 지점마다 다른 수심의 수직 분해를 나타낸다.

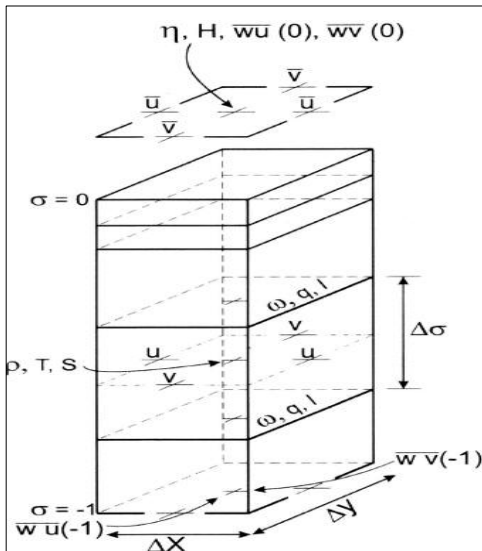


그림 2. 유한 차분 격자망

3. 수치 모델링

하구둑이 없는 자연 상태에서의 조위와 유입 유량

에 따른 염분 침투현상을 모의하여 해수 유동의 변화와 염분 침투 현상을 비교·검토한다. 유입 유량과 조위를 달리하여 실험 조건을 설정하여 유입 유량과 조위에 대한 민감도를 분석한다.

3.1 모델링 기본 조건

실제 해역의 해수 유동 및 염분 침투현상을 모의하기 이전에 연구대상지를 단순화 하여 504*48개의 격자망을 구성하였다. 또한 연구 대상지인 낙동강의 수심을 현장과 동질성을 가질 수 있도록 격자망을 구성하였다. 그림3은 가덕도에서 조사한 조위 데이터(1999)로서 이 조위는 낙동강 하구에서의 경계조건을 의미한다. 본 연구에서는 조위 데이터 중 M.W.L과 H.W.L의 두가지 조위 데이터를 이용하며 표-1은 염분 침투를 계산하기 위한 기본 조건을 나타낸다.

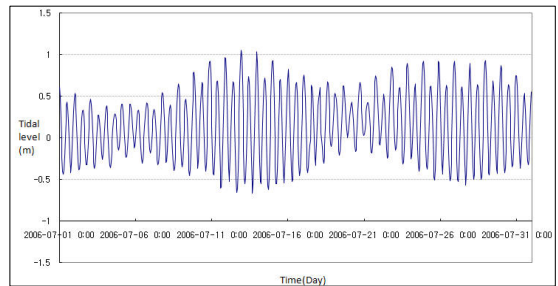


그림 3. 1993년 조사한 가덕도의 조위값

표 1. 계산 기본 조건

Temporal Settings	· Time step : 10sec
	· Total simulation period : 10days
Model Parameter	· ZOB : 0.015
	· Model output : 24hours
	· BFRIC : 0.0020
	· BC type : clamped
	· Advection : Smolarkiewicz
	· Horizontal Closure : 0.1
	· Vertical Closure : 1E-0.6

3.2 대상 영역 및 계산 조건

계산 영역은 낙동강 하구둑에서 남쪽 약 3.5km에서부터 상류쪽 약 53km지점까지 총 56.5km 구간이다. 대략적인 위치 및 거리는 그림3과 같다. 그리고 조위와 유입유량을 변화시켜 조위와 유입유량이 어떻게 염분 침투에 영향을 끼치는지 평가한다. 그리고 그전에 행하였던 MIKE11과 EFDC의 결과와 비교하여본다. 각 모델링은 조위

M.W.L, H.W.L과 유입유량 0cms, 62.5cms, 360cms로 총 여섯가지 모델링을 실시하였다. 총 구간에서의 수온은 20℃로 동일하다고 가정하였고 하류부 끝단에서의 염도는 30.0psu로 가정하였다. 각 수심별로 10개의 층으로 격자를 구성하였다.



그림 4. 염분침투 평가 구간

4. 결 론

본 연구는 낙동강 하구에서의 염분침투를 알아보기 위한 모델링을 실시했다. 관측으로 얻어진 조위, 유량 그리고 염분들을 모델에 적용하여 검증하였다. 이번 모델의 결과값은 하구둑이 없는 경우에 대해서 이루어졌다. 그림5~10은 조건에 따른 결과값을 나타낸다. 그림 5~8은 유입 유량이 없고 조위가 M.W.L과 H.W.L일때의 염분 침투 길이를 나타내며 그림 9~12는 유입유량이 360cms이고 조위가 M.W.L과 H.W.L일때의 염분 침투길이를 나타낸다. 결과값을 보면 낙동강에서 상류로 약 20~25km의 염분 침투가 일어난다는 것을 알 수 있는데, 이 값은 이전에 실시하였던 MIKE11과 EFDC모델의 값과 유사하다는 것을 알 수 있다. ECOMSED는 하구에서의 염분침투를 모델링에 적용가능하다고 판단된다. 유입유량이 62.5cms일때의 염분침투 결과는 도시하지 않았는데 유입유량이 없을 경우와 다르지 않았기 때문이다. 이 결과로부터 염분침투는 작은 유량에서는 조위에 대

해 더 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있었다. 또한 유입유량이 클 경우 조위도 어느 정도의 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 이번 모델링으로 ECOMSED의 적용성을 검토할 수 있었으니 다음 연구에서는 낙동강 하구둑이 있을 경우와 일정한 조위에서 유입유량을 계속 변화시켜주어 어느 정도 유량에서 염분 침투 길이가 영향을 받는지, 유입유량과 염분침투와의 관계를 연구하고자 한다.

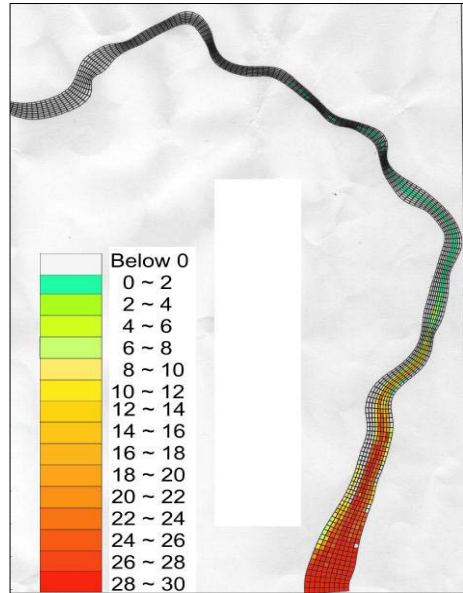


그림 5. 저층에서의 염분 침투(H.W.L)

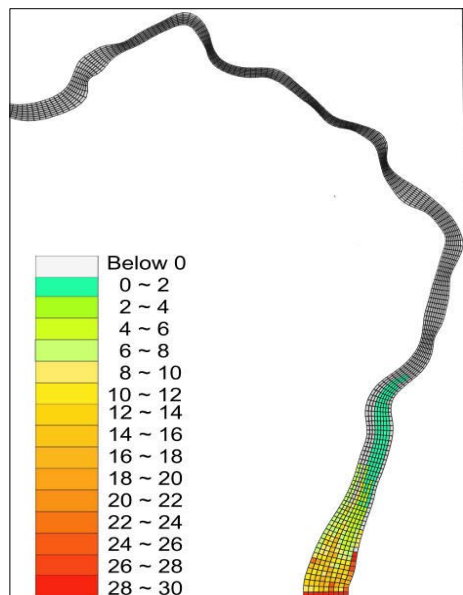


그림 6. 표층에서의 염분 침투(H.W.L)

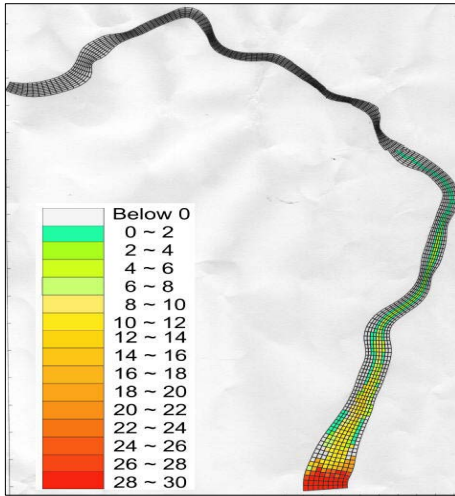


그림 7. 저층에서의 염분 분포(M.W.L)

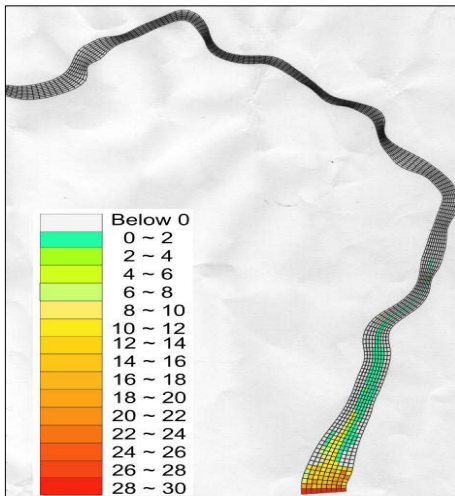


그림 8. 표층에서의 염분 분포(M.W.L)

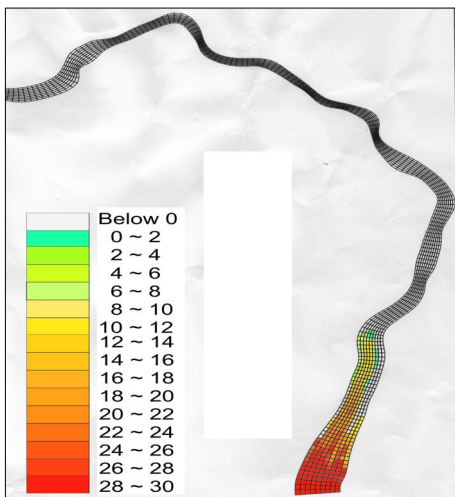


그림 9. 저층에서의 염분 분포(H.W.L)

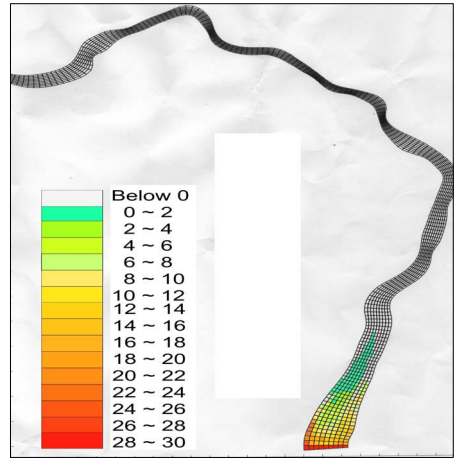


그림 10. 표층에서의 염분 분포(H.W.L)

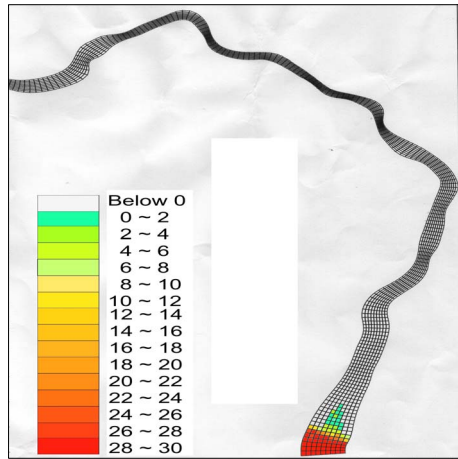


그림 11. 저층에서의 염분 분포(M.W.L)

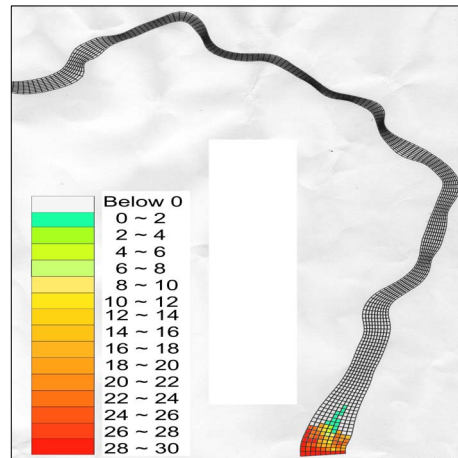


그림 12. 표층에서의 염분분포(M.W.L)

참고문헌

한국 수자원 공사(2008), 낙동강 하구둑 유지관리 개선방안 연구보고서