

단순모델을 이용한 하구역 지형변화와 해수유동장 변화 수치모의

이영복 · 윤한삼* · 류청로
부경대학교 해양공학과, *부경대학교 해양산업개발연구소

Numerical Simulation of Tidal Current Patterns for Estuary Morphological Changes using Simple 2D Model

Young-Bok Lee, HAN-SAM YOON* and CHEONG-RO RYU

Dept. of ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

*Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

KEY WORDS: Estuary, Numerical Simulation, Tides, Net water flux, Volume

ABSTRACT: 본 연구는 기초적인 연구로 낙동강 하구역을 단순 사각형 만의 형상을 가진 지형으로 설정하고 내부 지형의 변화수심 및 사주 면적에 따른 해수유동장을 해수유동 수심적분모델로 구축하여 계산하였다. 계산된 유속장 결과를 바탕으로 내부 지형의 대표단면에서의 단면유량플럭스를 계산하여 상호 비교함으로써 하구역내 사주의 생성 및 발달(내부 지형 용적 변화)에 따른 하구역 입구부에서의 해수용적 변화(순환)의 정도를 평가하고자 하였다.

1. 서 론

우리나라 동남해역에 위치하는 낙동강 하구역은 하구둑 건설, 녹산공단 조성, 부산신항건설, 주변 택지조성 등 여러 산업시설과 주거시설이 20년 정도의 짧은 시간동안에 건설되었으며, 이러한 다양한 개발로 인하여 하구역 주변의 급격한 해안선 변화, 하구역내 수질오염 문제가 대두되고 있는 실정이다.

낙동강과 같이 육지 및 해양환경이 인접하는 하구역은 담수와 해수의 상호작용에 의해 수괴의 거동 및 유입토사의 퇴적 환경을 결정짓는 복잡한 해양환경을 가진다. 즉, 이러한 하구역은 주변 육지의 기후, 강수, 하천유량 등에 따라 하구내로 유입된 퇴적물은 지형적 특징, 주기적인 조석작용, 파랑 그리고 하구내의 흐름(순환)에 따라 다양한 변화양상을 갖는다(Meade, 1969, Castaing and Allen, 1981).

낙동강 하구역의 조간대 및 사주의 면적이 증가하고 있다고 보고한 유 등(2006)의 연구결과를 고려할 때, 하구역의 지형변화로 인하여 내부체적에 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 내부체적의 감소는 외해에서 유입되는 수괴를 충분히 받아들일 수 있는 시간과 공간의 감소로 이어진다. 이는 담수와 해수가 만나는 하구역에서는 물리적, 생물학적으로 중요한 문제를 유발할 수 있다.

그러나 많은 연구자들에 의해 하천수 유출, 해양파랑의 작용, 사주의 발달, 대기 작용과 같은 다양한 영향인자들을 복합적으로 평가하고 다양한 해석결과를 도출한 바 있으나 대상해역에서의 해양공학적 관점에서 하구역내의 해수교환(순환)의 정도를 평가한 연구 결과는 찾아보기 힘들다.

또한 현재 낙동강 하구역에 발달하는 사주는 지속적으로 성장

해 왔으며 하구역의 지형을 고려한다면 내부 해역 용적의 감소를 발생시키는 요인에 해당된다고 생각된다. 이와 같은 요인에 의해서 하구역이나 만내로 유입되는 조석파에 의한 만 입구에서의 조류에 의한 해수용적은 해당 해역 내부의 사주의 변화된 용적과 밀접한 관계를 가질 것이다.

이와 같은 연구결과는 장래 하구역내로 유출입하는 해수용적의 변화특징을 사주 발달의 속도와 고려한다면 현재 낙동강 하구역내 해수유동장의 장래 변화 양상을 유추할 수 있을 것이다. 또한 현재 낙동강 하구역내 양식어장 생산성 향상을 위한 최적 배치 계획 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단한다.

따라서 본 연구는 기초적인 연구로 낙동강 하구역을 단순 사각형 만의 형상을 가진 지형으로 설정하고 내부 지형의 변화(수심 및 사주 면적)에 따른 해수유동장을 해수유동 수심적분모델로 구축하여 계산하였다. 계산된 유속장 결과를 바탕으로 내부 지형의 대표단면에서의 단면유량플럭스를 계산하여 상호 비교함으로써 하구역내 사주의 생성 및 발달(내부 지형 용적 변화)에 따른 하구역 입구부에서의 해수용적 변화(순환)의 정도를 평가하고자 하였다.

2. 수치실험방법

2.1 실험대상과 모델개요

실험대상은 하구역의 실제지형과 경계조건을 부여하여 비교하기 위하여 Fig. 1과 같이 좌우 폭 9.8km, 상하 폭 8.4km의 장방형으로 낙동강 하구역과 유사하게 설정하였다.

수치모델은 해수유동 수심적분모델을 적용하였으며, 구축되어

진 수치모델의 비압축성 유체에 대한 운동방정식 및 연속방정식은 다음과 같다.

운동방정식 :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g = 0 \quad (3)$$

연속방정식 :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

여기서, u, v, w : 각각 x, y, z 방향의 유속, f : Coriolis 계수 ($= 2\omega \sin \phi$, ϕ 는 위도), ρ : 해수 밀도, p : 압력, g : 중력가속도, A_h, A_v : 수평과 연직 방향의 와동점성 계수, t : 시간이다.

2.2 경계조건

해수유동계산을 위한 경계조건으로서 M_2, S_2, K_1, O_1 분조를 모두 고려한 노(2004)의 광역계산으로부터 획득되어진 조위경계조건을 본 연구의 계산영역 개경계 조건으로 부여하였다. 계산조건으로 수평와동점성계수(A_h)는 Richardson의 4/3승 법칙에 기초하여 $A_h = \epsilon(\Delta S)^{4/3}$, 여기서, ϵ : 정수($= 0.01 \sim 0.02$ (C.G.S)), ΔS : 격자간격의 표현식을 이용하여 매시간 step마다 계산되도록 하였다. 계산시간간격(Δt)은 계산안정도를 고려하여 3sec, 계산격자간격은 $\Delta x = \Delta y = 70$ m로 구성하였다. 이상의 경계조건을 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Computation conditions of the tidal current model

Parameters	Computation conditions
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 70$ m
Water depth (h)	0.5 - 75 m
Time interval (Δt)	3 sec (CFL condition satisfied)
Coriolis coefficient	$f = 2\omega \sin \phi$, $\omega = 2\pi / (24 \times 60 \times 60)$, $\phi = 35^\circ 27' N$
Bottom friction coeff.	$C = 1 / 0.026 H^{1/6}$

2.3 단면유량플럭스

구축된 해수유동모델을 바탕으로 일정한 저면경사(1:300)를 가지는 해역에서 사주의 유무와 면적을 증가시키면서 내부체적의 변화를 가하는 방법을 사용하였고, 단면유량flux 산정실험을 수행하였다. 단면유량flux 산정방법은 윤(2005)의 해석방법과 동일하다. 단면유량flux를 산정할 대상해역은 Fig. 2와 같이 3개의 내부BOX와 1개의 외부경계BOX로 설정하였다. 3개의 내부BOX는 내부용적의 변화에 의한 해수유동의 상호작용을 효율적으로 파악하기 위한 단면을 설정하여 단면유량flux를 계산하였으며,

외해와 내해의 경계에 외부경계를 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 대상해역의 내부체적변화

Fig. 3은 실험안별 내부체적영역을 나타내고 있다. (a)의 내부체적은 1.399 km^3 , (b)의 내부체적은 1.376 km^3 , (c)의 내부체적은 1.339 km^3 이다. 사주의 체적의 증가를 통해 내부체적의 변화를 주었다. V_b/V_a 와 V_c/V_a 의 비는 각각 0.984, 0.957로 내부체적이 감소하는 것을 알 수 있다.

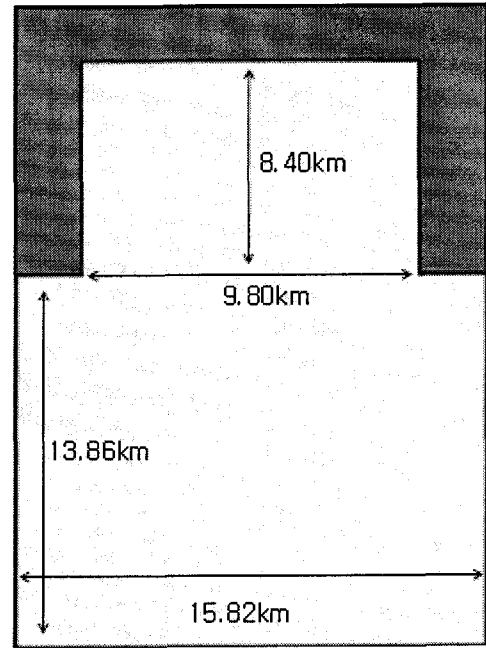


Fig. 1. Area of the model domain

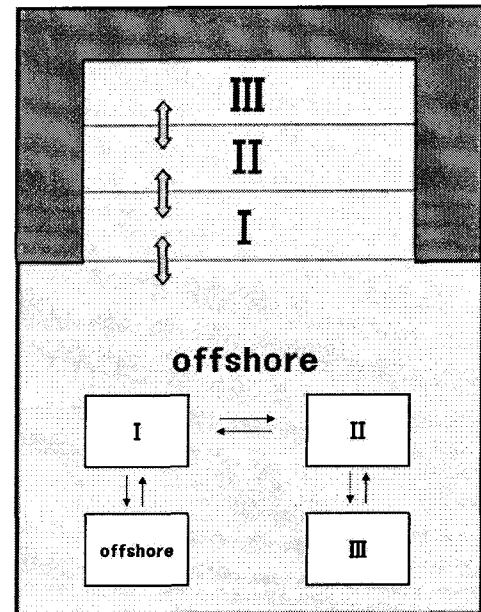
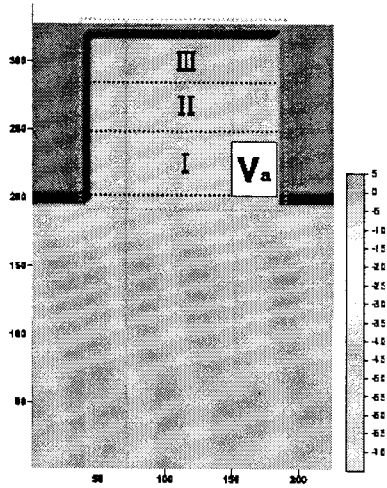
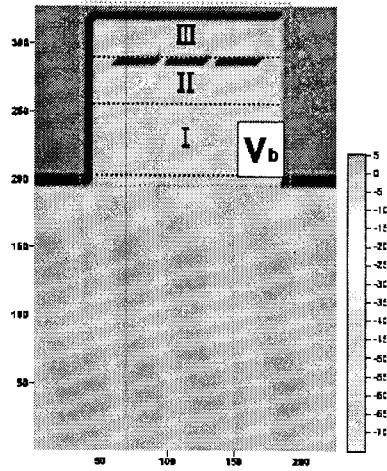


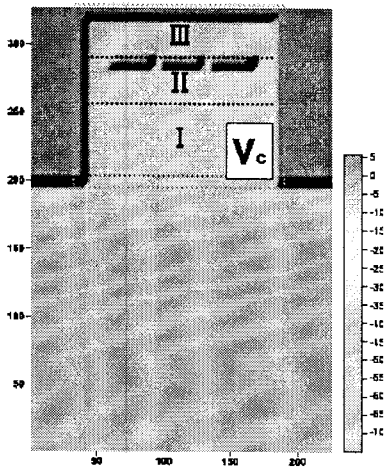
Fig. 2. Set-up of division regions of net-water flux calculations.



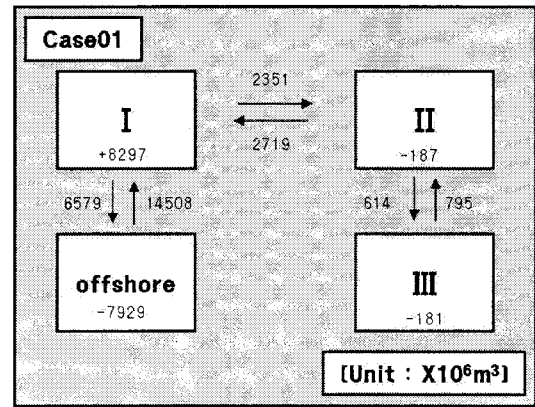
(a)



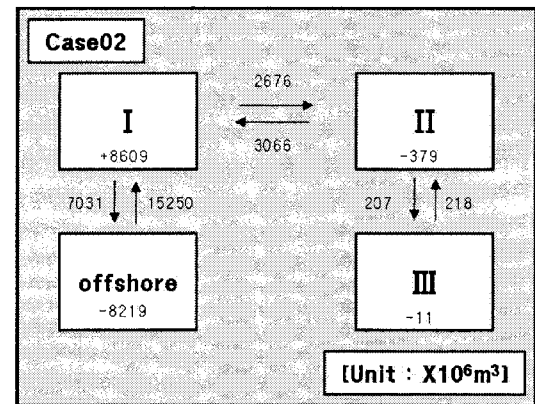
(b)



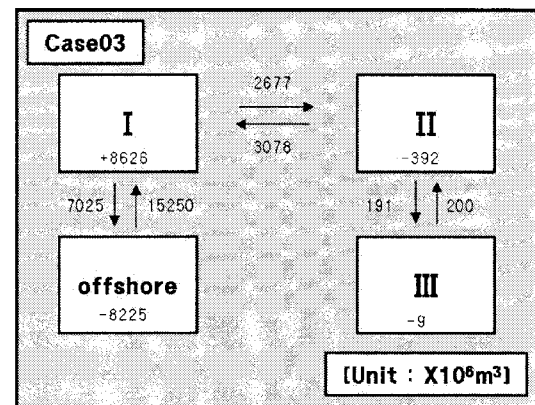
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 3. Volume of study area

Fig. 4. Divisional distribution of the net water flux

3.2 대상해역의 단면유량 플럭스

Fig. 3의 각 안별로 단면유량플럭스를 산정하여 Fig. 4와 같은 결과를 도출하였다. 결과를 살펴보면 내부체적이 감소할수록 I Box와 IIIBox의 유량밀도가 증가하며, IIBox에서는 감소하는 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 낙동강 하구역을 단순 사각형 만의 형상을 가진 지형으로 설정하고 내부 지형의 변화(수심 및 사주 면적)에 따른 해수유동장을 해수유동 수심적분모델로 구축하여 계산하였다. 또한 계산된 유속장 결과를 바탕으로 내부 지형의 대표단면에서의 단면유량플럭스를 계산하여 상호 비교함으로써 하구역내 사주의 생성 및 발달(내부 지형 용적 변화)에 따른 하구역 입구부에서의 해수용적 변화(순환)의 정도를 평가하고자 하였다.

그 결과에 따르면 낙동강 하구역의 내부체적은 V_b/V_a 와 V_c/V_a 의 비가 각각 0.984, 0.957로 감소시켰을 경우, 체적이 감소함에 따라 I Box와 IIIBox의 유량밀도는 증가하며, IIBox에서 유량밀도는 감소하는 것을 볼 수 있었다.

본 연구에서는 하천의 효과를 고려하지 않았으나 차후에는 이를 고려하여 하구역의 특성을 보다 정도 높게 알아볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 해양수산부 해양수산개발원의 수산특정연구 “연안생태환경공간 복원/조성 기술(3차~2006년)” 과제 및 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-331-D00700)의 일부 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다. 본 연구에 참여한 이영복은 [2단계 BK21사업]의 지원비를 받았음.

참 고 문 헌

- Meade, RH. (1969). Landward transport of bottom sediment in estuaries of the Atlantic Coastal plain. *J. Sed. Petrol.*, 39, 222-234
- Castaing, P. and G.P.Allen(1981). Mechanism controlling seaward escape of suspended sediment from the Gironde: a macrotidal estuary in France. *Mar. Geol.*, 40, 101-118
- 노재영 (2004). 낙동강 유출수의 Plume거동에 관한 수치적 연구, 부경대학교 석사학위논문..
- 윤한삼 (2005). 낙동강 하구역내 사주간의 단면유량플럭스 수치모의, 한국해양환경공학회지, 제8권 제4호 pp 186-192.
- 유창일, 윤한삼, 류청로, 이인철(2006). “낙동강 하구역 사주의 생성과 발달 특성에 관한 연구”, 2006년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 초록집, PP 659.