

## 낙동강 하구에서의 부유사 거동에 관한 연구

김 재 중\* · 김 기 철\* · 이 정 만\*\*

(95년 2월 9일 접수)

### A Study on the Suspended Sediment Transport in the Nakdong Estuary

Jae-Joong Kim\* · Ki-Cheol Kim\* · Jung-Maan Lee\*\*

**Key Words** : Suspended Sediment(부유사), Diffusion Model(확산모델), Flow Model(흐름모델), Advective Dispersion(이류확산), Muli-Stage-Implicit Method(다단 음해법)

#### Abstract

Numerical simulations on the suspended sediment transport in the Nakdong Estuary are carried out. Uncoupled flow model and diffusion model of which the governing equations are two-dimensional depth integrated equations are used in this study. Four cases are tested in this numerical simulations in which the Gaduk waterway open boundary condition and Nakdong Estuary Barrage boundary condition are considered as the boundary conditions.

The simulated results are compared with the measured data which were obtained by NEDECO at hadan site on 1981.2.19. and by Dong-A university at one station in the study area on 1993.4.3. and show a good agreement with them. The construction of the Nakdong Estuary Barrage may affect to reduce the current near Jinudo and Daemaeung and the suspended sediment inflowed from the upstream in the wet season seems to be transported to the Dadae.

#### 1. 서 론

산업사회가 급속히 성장함에 따라 육상공간은

이제 포화 상태에 이르렀고 아울러 부족한 공간자원의 확보와 쾌적한 환경확보를 위하여 연안의 매립 및 임해공업단지 조성, 인공섬 건설, 하구둑 축

\* 동아대학교 해양공학과

\*\* 동아대학교 해양공학과 대학원

조 등의 해안구조물의 건설이 점차 활발해 지고 있다. 이러한 해안 구조물의 건설은 필연적으로 주변의 환경변화를 야기시키며, 경우에 따라서는 개발로 인한 이득보다 훨씬 큰 예기치 못한 피해를 발생시킬 수도 있다. 따라서 해안, 하구, 해양공간의 개발을 위하여 계획단계에서부터 예상되는 환경변화를 철저히 조사하도록 하여야 한다. 그러나 정확한 환경변화의 예측은 대단히 어려운 일이며, 특히 하구는 담수와 해수가 만나는 지역으로서 해수의 유동현상이 대단히 복잡한 해역이기 때문에 하구에서의 환경변화 예측은 대단히 복잡하고 힘든 일이다.

우리나라 최대 규모인 낙동강 하구는 최초로 하구둑이 건설된 하구로서 하구둑이 건설된 이후 여러가지 환경변화에 의해서 많은 문제점들이 발생하고 있다.<sup>1,3)</sup> 특히 하구에서의 유사수송 형태의 변화와 조류의 흐름 변경은 해안 지형의 변화를 일으키는 물론 하구역의 환경오염과 바람직하지 않은 퇴적현상 등을 초래하게 되었다.

낙동강 유역은 건기와 우기의 구별이 뚜렷해서 낙동강 하구로 유입되는 유사의 대부분이 우기에 집중된다. 또한 1981년 NEDECO의 보고에 따르면 낙동강하구의 삼각주에 공급되는 유사는 바다로부터 유입되는 것은 거의 없고 삼각주에 공급되는 유사의 유일한 공급원은 낙동강뿐이라고 하였다.<sup>4)</sup>

따라서 본 연구에서는 낙동강하구의 유사공급원이 상류에서의 유입 유사량밖에 없고 유입되는 유량은 넓은 범위로 부유사가 확산될 수 있도록 홍수기시의 유량으로 가정하여 낙동강 하구둑에서 유입되는 부유사의 이동에 관한 연구를 통해 낙동강하구에서의 퇴적현상 분석 및 예측을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

본 연구에서는 여러가지 연구방법 중에서 수치 해석적인 방법을 사용하였고, 대상해역에서의 현상을 재현시키기 위하여 해저의 마찰응력을 고려한 지배방정식을 유한차분법으로 해석하였다. 연구의 내용은 흐름모델(Flow Model)로 평균유속을 구한 후 이류확산방정식(Advective Dispersion Equation)의 해를 Multi-Stage-Implicit방법<sup>5)</sup>으로 풀 확산모델(Diffusion Model)을 사용하여 부유사

의 거동을 분석, 예측하고자 하였다.

## 2. 흐름 모델

하구에서의 부유사 이동에 관한 해석방법은 먼저 해수면 변위와 유속을 계산하여 해수의 유동을 파악하고 이에 따른 부유사의 이류확산을 추정하는 것이다. 본 연구에서 사용한 흐름모델의 지배방정식에 포함된 가정들은 다음과 같다.

- (1) 해수는 비압축성이다.
- (2) 수압은 정수압분포로서 변한다.
- (3) 수평방향의 수립자의 속도는 수심적분을 한 유속을 취한다.
- (4) 해면에서의 바람에 의한 마찰응력은 무시한다.

위와 같은 가정으로부터 본 모델의 기본방정식은 수심적분된 2차원 연속방정식과 운동방정식으로 구성되며 다음과 같다.

$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{(d+h)} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{(d+h)} \frac{\partial M}{\partial y} - fN = \\ -g(d+h) \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial x} (d+h) \\ + Av \frac{\partial u}{\partial z} (d+h) + A \ell \nabla_H^2 M \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{M}{(d+h)} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{N}{(d+h)} \frac{\partial N}{\partial y} - fM = \\ -g(d+h) \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\partial p}{\partial y} (d+h) \\ + Av \frac{\partial v}{\partial z} (d+h) + A \ell \nabla_H^2 N \end{aligned} \quad (2.3)$$

여기서,

- d : 수심
- h : 평균해면에서의 해수면 상승
- g : 중력가속도
- f : Coriolis Parameter

$Av, A\ell$  : 연직 및 수평방향의 난류 점성계수

$\nabla_H^2$  : 수평 Laplacian ( $\frac{\partial}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2}$ )

$M = \int_{-d}^h u dz, N = \int_{-d}^h v dz$  : x,y 방향의 체적류량

본 흐름모델에서 사용한 초기조건으로는 Cold Start 조건으로 채택하였고 경계조건은 Non-Slip 조건을 채택하였다. 또한 본 모델의 지배방정식을 변수 SX, SY를 도입하여 양해법<sup>6,7)</sup>(Explicit Scheme, FTCS)으로 차분하면 식(2.4)에서 x,y 방향의 유속을 구할 수 있다.

$$u(i, j) = \frac{\Delta s}{\Delta t} \frac{SX(i, j)}{1/2(h(i, j) + h(i-1, j) + 2dx(i, j))} \tag{2.4}$$

$$v(i, j) = \frac{\Delta s}{\Delta t} \frac{SY(i, j)}{1/2(h(i, j) + h(i, j-1) + 2dy(i, j))}$$

여기서,

$$SX = M \frac{\Delta t}{\Delta s} = (d+h)u \frac{\Delta t}{\Delta s}$$

$$SY = N \frac{\Delta t}{\Delta s} = (d+h)v \frac{\Delta t}{\Delta s}$$

식(2.5)에서 dx, dy의 표현은 수심 d의 두 이웃하는 점의 평균을 의미하며 다음과 같다.

$$dx(i, j) = \frac{1}{2} [ d(i, j) + d(i-1, j) ]$$

$$dy(i, j) = \frac{1}{2} [ d(i, j) + d(i, j-1) ]$$

또한 식(2.5)와 같은 CFL 안정조건<sup>8)</sup>을 만족하도록 하였다.

$$\sqrt{2gH} \frac{\Delta t}{\Delta s} \leq 1 \tag{2.5}$$

여기서 H는 계산해역에서 가장 깊은 수심을 나타낸다. 격자 간격은  $\Delta x = \Delta y = 250\text{m}$ 이며, 총격자수는  $50 \times 50$ 으로 하였다. 또한  $\Delta t$ 는 CFL조건을 만족시키기 위하여 5초를 채택하여 계산하였다.

외해에서의 개방경계조건으로 조석의 상승 및

하강을 주었는데, 본 연구에서 사용된 조석은  $M_2, S_2$ 분조이며 조화상수 값은 다대포와 가덕도에서의 값(표1)을 사용하였다. 해면변위는 조화이론에 근거하여 식(2.6)과 같이 주었다.<sup>9)</sup> 그리고 하구둑 수문에서의 경계조건은 홍수시의 유량을 가정하여 평균해수면에서 70cm 상승시킨 수위를 입력하였다.

$$h(x, y, t) = A_{M_2}(x, y) \cos [ V_{M_2} t - g_{M_2}(x, y) ] + A_{S_2}(x, y) \cos [ V_{S_2} t - g_{S_2}(x, y) ] \tag{2.6}$$

여기서,

$A_{M_2}, A_{S_2}$  :  $M_2, S_2$  분조의 진폭  
 $V_{M_2}, V_{S_2}$  :  $M_2, S_2$  분조의 각속도  
 $g_{M_2}, g_{S_2}$  :  $M_2, S_2$  분조의 위상차

Table 1. Harmonic constants used in the flow model

위치	진폭(A) 위상차(g)	분 조	
		M2	S2
가덕도	A (cm)	54.9	27.4
	g (degree)	239.6	267.4
다대포	A (cm)	46.0	22.2
	g (degree)	235.0	261.7

### 3. 확산 모델

Euler적 해석법에 의한 분자 확산식을 Fick의 확산방정식이라 한다. 이 기본 방정식에 난류확산계수(Eddy Diffusion Coefficient)  $E_t$ 를 도입한다. 난류확산계수  $E_t$ 는 분자의 운동에 비하여 훨씬 규모가 큰 소용돌이의 운동에 의한 것이므로, 분자 확산계수  $E_m$ 은  $E_t$ 에 비해 무시할 수 있다.<sup>10,11)</sup> 평균유속에 의한 이류확산을 고려한 확산모델의 기본방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (E_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (E_y \frac{\partial C}{\partial y}) - u \frac{\partial C}{\partial x} - v \frac{\partial C}{\partial y} \tag{3.1}$$

여기서,

- $C$  : 확산물질의 농도
- $u, v$  :  $x, y$ 방향의 평균유속
- $E_{ix}, E_{iy}$  :  $x, y$ 방향의 난류확산계수

부유사의 확산계수는 농도분포에 가장 큰 영향을 미치는 요소인데 아직 정확한 확산기구(Diffusion Mechanism)가 밝혀져 있지 않기 때문에 여러가지 형태의 확산계수식이 발표되어 있다. 여러가지 확산계수 산정식은 수심에 따른 연직방향의 영향을 크게 고려하였지만, 본 연구에서는 수심적분한 지배방정식을 사용했기 때문에 다음과 같이 유속과 수심의 함수로 나타낸 간단한 형식의 Harleman<sup>12)</sup>의 확산계수식을 사용하였으며 난류확산계수 중 조도계수는 0.025로 가정하였다.

$$E_{ix} = 77\eta |u| d^{5/6}, \quad E_{iy} = 77\eta |v| d^{5/6}$$

여기서,  $\eta$  : 조도계수

식(3.1)을 Multi-Stage-Implicit방법(M.Narayan & R.J.Branders,1971)에 의해 차분하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{C_{i,j}^{t+\Delta t} - C_{i,j}^t}{\Delta t} = & \frac{1}{\Delta x} \left[ E_{xi,j} \frac{C_{i+1,j} - C_{i,j}}{\Delta x} \right. \\ & \left. - E_{xi-1,j} \frac{C_{i,j} - C_{i-1,j}}{\Delta x} \right] \\ & + \frac{1}{\Delta y} \left[ E_{yi,j} \frac{C_{i,j+1} - C_{i,j}}{\Delta y} \right. \\ & \left. - E_{yi,j-1} \frac{C_{i,j} - C_{i,j-1}}{\Delta y} \right] \quad (3.2) \\ & - \frac{u_{i,j}C_{i,j} - u_{i-1,j}C_{i-1,j}}{\Delta x} \\ & - \frac{v_{i,j}C_{i,j} - v_{i,j-1}C_{i,j-1}}{\Delta y} \end{aligned}$$

$$\frac{\partial C}{\partial y} = 0 \quad (3.3)$$

식(3.2)의 양변에  $h$ 를 곱하여 수심 적분을 한 후 오른편의 이류항과 확산항의 농도를 먼저 구한 후

Multi-Stage-Implicit방법에 의해 최종적인 Time Step의 농도를 구한다.

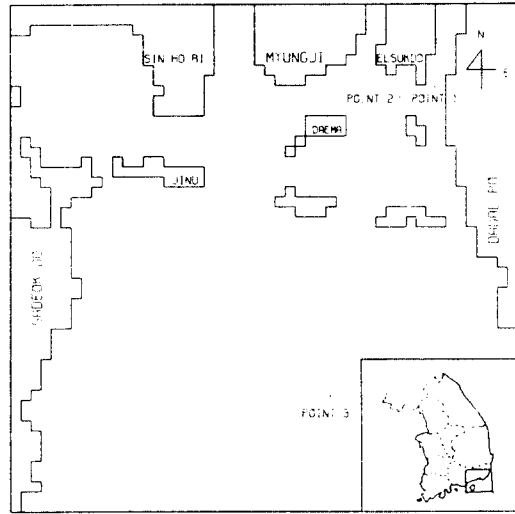


Fig. 1 Location map of stations

흐름모델에서 계산된 각 격자점에서의 평균유속을 입력하였으며, 부유사 농도는 그림 1의 POINT 1에서 낙동강 하구의 홍수기시 최고 부유사농도(SS)를 75 mg/ℓ로 가정하여 일정하게 Point Source로 입력하였다. 물-육지의 경계면에서 경계 조건은 흐름모델에서와 똑같이 경계면을 가로질러 이류나 확산이 일어나지 않도록 하였고 육지가 드러날 경우에는 유속이 존재하지 않으므로 확산계수를 zero로 처리하였다. 외해에서의 개방경계조건으로는 식(3.3)과 같은 Neumann Type으로 경계조건을 가정하였다.

#### 4. 현지적용 및 결과분석

##### 4-1. 흐름모델의 계산 결과

대상해역에서의 유동특성을 파악하기 위하여 표2와 같이 각각 4가지 경우로 나누어 수치모의 실험을 하였다.

Table 2. Study cases

구분	하구둑을 차단한 경우	하구둑 수문을 열린 경우
가덕도에 개방경계를 주지않은 경우	CASE 1	CASE 2
가덕도에 개방경계를 준 경우	CASE 3	CASE 4

그림 2~그림 5는 그림 1의 POINT 2에서의 시간에 따른 유속 및 농도, 해면변위를 그린 것이다. POINT 2는 NEDECO에서 현장관측을 한 하단해역에서의 관측위치를 나타낸 것이다. 이 자료는 1981년 2월 9일(Spring Tide)의 갈수기시의 자료<sup>1)</sup>로서 하구둑의 유량이 얼마되지 않을(진동 유량을 135m<sup>3</sup>/sec로 추정)때의 자료이다. 본 연구에서의 계산결과와 NEDECO의 조위에 따른 현장관측 유속, 부유사농도 자료(그림 6참조)를 비교해 보면 다음과 같다.

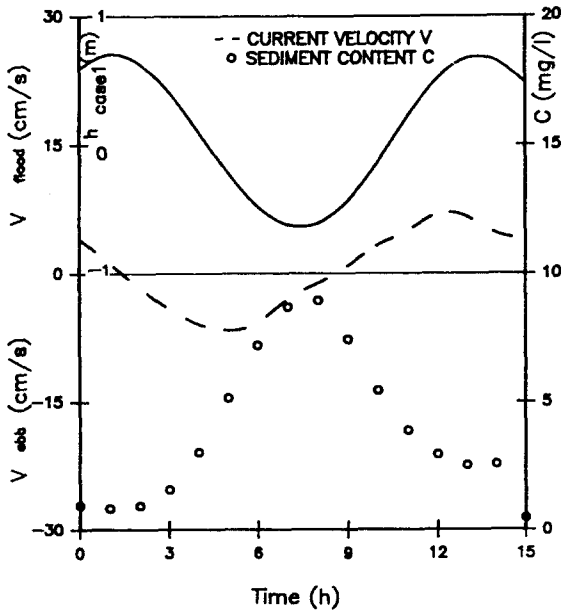


Fig. 2 Tidal current and sediment contents of case 1

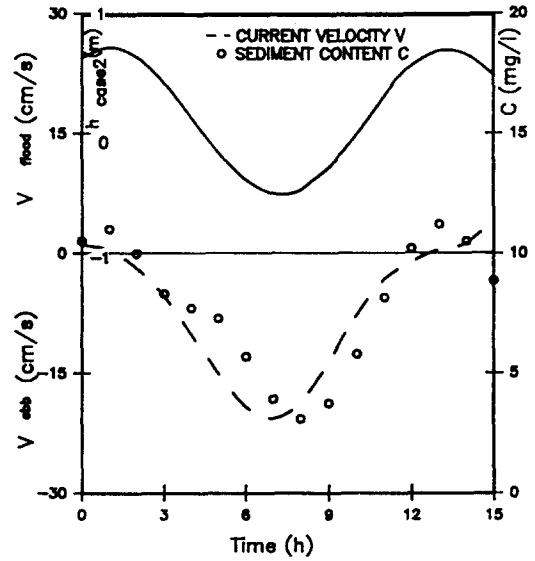


Fig. 3 Tidal current and sediment contents of case 2

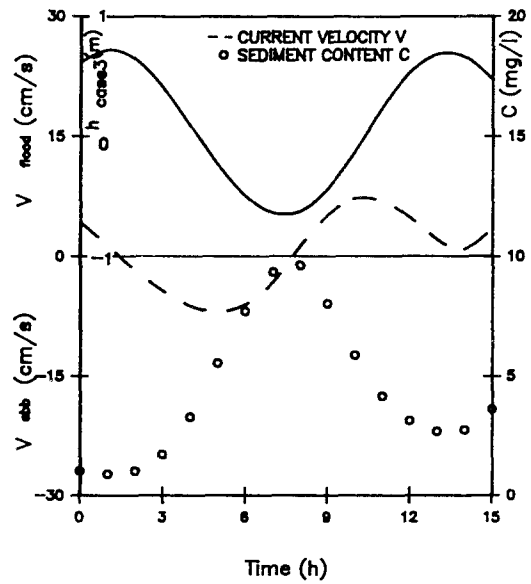


Fig. 4 Tidal current and sediment contents of case 3

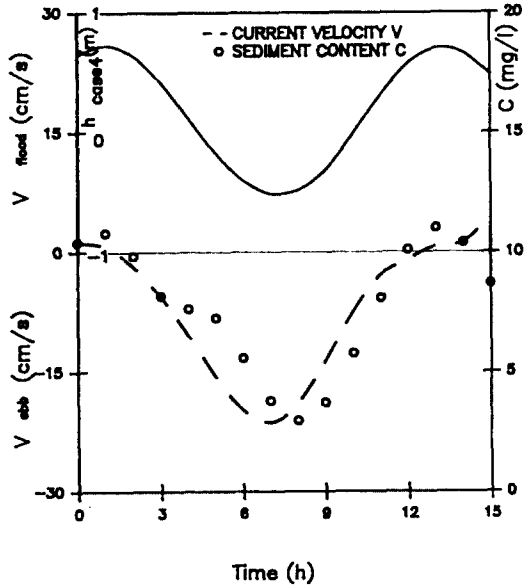


Fig. 5 Tidal current and sediment contents of case 4

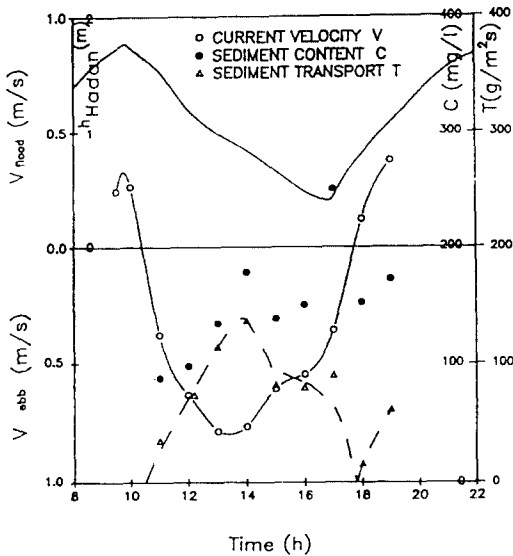


Fig. 6 Measured current velocity and sediment contents at Hadan(after NEDECO, 1981)

CASE 1과 CASE 3의 경우는 하구둑으로부터 담수의 유입이 차단된 경우로서 밀물과 썰물의 크기가 비슷하면서 주기적으로 반복되고 썰물의 유속은 최저조위 2시간 전에 가장 빠르고 밀물의 유속은 최고조위 2시간 전에 가장 빠르게 나타났다. CASE 2와 CASE 4는 하구둑으로부터 홍수기시의 담수 유입량을 가정하여 수위 70cm를 상승시켜 방류하는 경우로서 밀물시에는 하구둑으로부터 방류되는 담수의 유입속도에 의해서 유속이 현저히 느린 양상을 보이며, 썰물시에는 담수의 유속과 조류가 함께 나타나서 비교적 유속이 빠르게 나타났다.

CASE 1과 CASE 3은 하구둑의 수문을 차단한 경우로서 갈수기에 관측한 NEDECO자료와 유속의 절대값 차이는 있지만 조석의 분포에 따른 유속의 변화 형태가 일치하는 것을 보여주고 있다. 그러나 CASE 2와 CASE 4는 하구둑 수문을 연 경우로서 NEDECO자료와는 다른 형태를 보여주고 있다. 이는 하구둑에서 홍수기의 유량이 유입되는 것으로 가정하였으므로 유입되는 유량에 의해서 CASE 1과 CASE 3 보다는 썰물시 유속이 크게 나타났다.

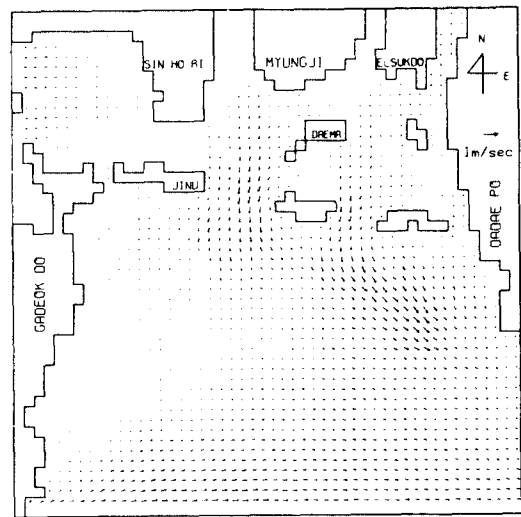


Fig. 7 Distribution of tidal current and directions(2 hours before minimum tidal height, case4)

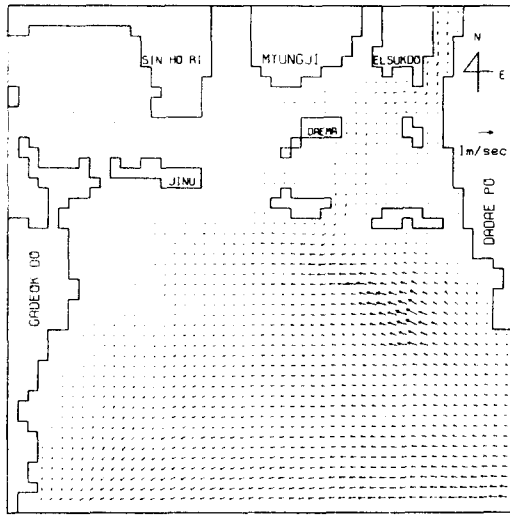


Fig. 8 Distribution of tidal current and directions(1 hours after minimum tidal height, case4)

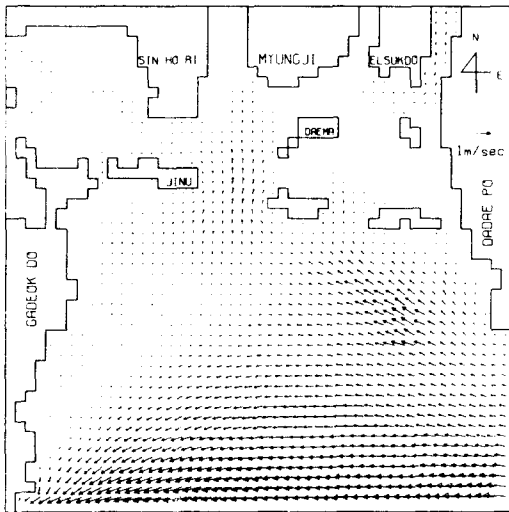


Fig. 9 Distribution of tidal current and directions(2 hours before maximum tidal height, case4)

흐름 모델의 계산결과 중 CASE 4에 대해서 최저조위의 2시간 전과 최저조위 1시간 후 그리고 최고조위 2시간 전으로 각각 나누어 Vector Diagram으로 그린 것이 그림 7~그림 9이다. 각각의 경우에 대해서 공통적으로 나타나는 현상은 외해경계에서 썰물시의 최대유속은 0.6~0.7m/sec 정도이며 밀물시의 최대유속은 1.0~1.1m/sec로 나타났다. 그러나 썰물시의 유속은 밀물시의 유속 보다는 작지만 밀물시보다 오래 지속되는 것을 보여 주었다. 즉, 밀물시의 유속은 크고 빨리 밀려들어오지만 썰물시의 유속은 밀물시의 유속보다 작지만 나무섬등 밑으로 낙조류가 오랫동안 지속되는 것을 보여 주었다. 그리고 밀물은 다대포쪽의 외해에서 북서쪽으로 들어오며 외해경계에서는 동쪽에서 서쪽으로 강한 흐름을 보인다는 것이다. 썰물시에는 나무섬등 밑에서 남동쪽으로 남하하는 양상을 보인다. 또한 썰물시에는 진우도와 대마등 사이에서 외해쪽으로 빠져나가고 밀물시에는 진우도와 대마등 사이에서 연안쪽으로 북상하는 양상을 보이는데 이는 밀물시는 북상류, 썰물시는 남하류의 왕복성 조류형태를 보여주고 있다.

그림 1의 POINT 3은 1993년 4월 3일 동아대학교 해양공학과에서 정선측량을 한 곳이며, 이곳에서의 수위에 따른 시간별 유속과 유향을 측정할 결과는 그림 10과 같다. 관측시간은 고조(18:24)로 가고 있는 시점에서의 관측치이며, 정선해서 계속 해수의 흐름을 관측하였다. 9시경에 유속이 가장 빠르는데 이는 낙조의 영향으로 기인한 것이며, 12시 30분이 지나서는 창조가 시작되는 것을 볼 수 있다. 그림 11은 그림 1의 POINT 3에서 각각의 경우에 대한 본 연구에서의 시간별 유속의 계산결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 시간에 따른 유향과 유속의 변화 경향은 비슷하나 유향은 조금씩 차이를 나타내고 있다. 이것은 현장 관측자료에는 해면에서의 바람의 응력이 반영되어 있고, 본 연구에서는 바람의 응력을 무시했을 뿐만아니라, 수심적분하여 평균된 지배방정식을 사용했기 때문이라 판단된다.

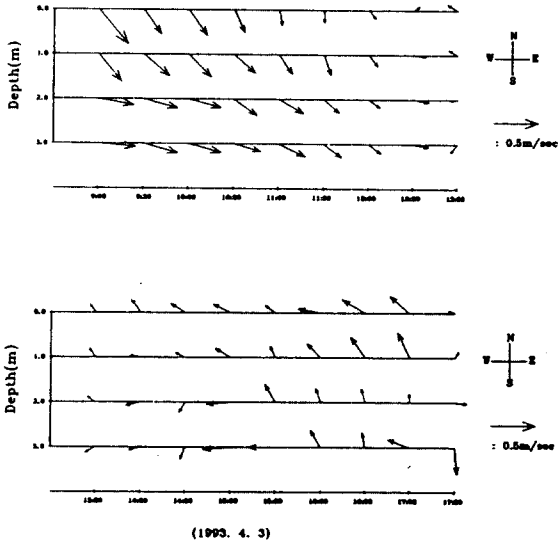


Fig. 10 Time plot of measured current vectors (1993. 4. 3)

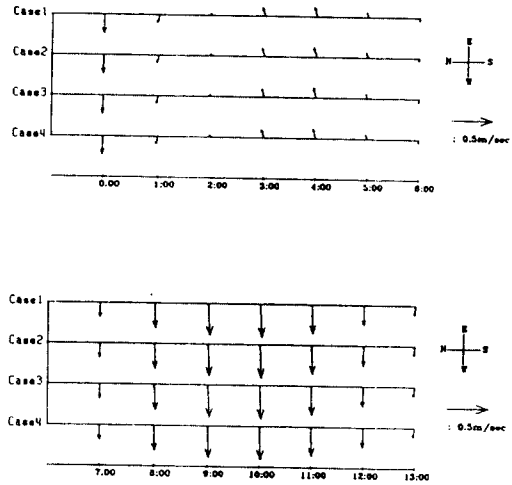


Fig. 11 Time plot of calculated current vectors

4-2. 확산모델의 계산 결과

흐름모델에서와 같이 4가지 경우에 대한 확산모델의 계산결과를 그림 2~그림 5에 나타내었다. 이 그림들은 그림 1의 POINT 2에서 시간에 따른 해면변위와 농도를 나타낸 것이다. 이 결과와 1981년 NEDECO가 하단에서 조위에 따른 부유사 농도를 측정된 결과와 비교해 보면 다음과 같다.

그림 2와 그림 4에서는 하구둑으로부터 담수의 유입이 없는 경우로 조류의 속도가 약할때 부유사 농도가 가장 높고 썰물시나 밀물시 유속이 강할때에는 농도확산이 빨리 이루어져 농도가 낮게 나타났으며 NEDECO자료와 유사한 형태를 보여 주었다. 그림 3과 그림 5는 하구둑으로부터 담수의 유입이 있는 경우로 부유사의 확산을 보다 넓은 범위로 확산되게 하기 위해서 하구둑으로부터 유입되는 유량을 홍수기시의 유량으로 방류하였다. 이에 썰물시에 조류가 크게 나타났고 이의 영향으로 농도확산이 빨리 이루어져 농도가 낮게 나타났다. 이는 하구둑에서 유입되는 부유사가 썰물시에 낙

조를 타고 하류부쪽으로 멀리 퍼져나가고 있기 때문이라 생각된다. 즉, 조류가 강할수록 농도는 낮게 나타났다.

그러나 NEDECO에서 현장관측한 자료는 유속이 강할때 부유사 농도가 높게 나타났다. 이는 유량이 얼마되지 않는 갈수기시의 자료로서 유속이 높을시에는 바닥으로부터 재부상되는 유사가 많으므로 이러한 유사들의 영향으로 부유사량이 높아진 것으로 판단된다. 하지만 본 연구에서는 바닥으로부터의 재부상량은 고려하지 않았으므로 부유사 농도 경향이 약간 차이가 나는 것으로 생각된다.

확산모델의 결과에서 공통적으로 나타나는 현상으로 썰물시에는 부유사의 확산이 다대포쪽으로 치우치는 경향을 보여주고 있다. 그리고 밀물시에는 부유사의 확산이 가덕도쪽으로 치우치는 경향을 보인다.

최저조위 2시간 전에서 CASE 1(그림12)과 CASE 3(그림14)의 하구둑에서의 담수유입이 차단된 경우보다 CASE 2(그림13)와 CASE 4(그림15)의 하구둑에서의 담수유입이 있는 경우가 하류부쪽으로



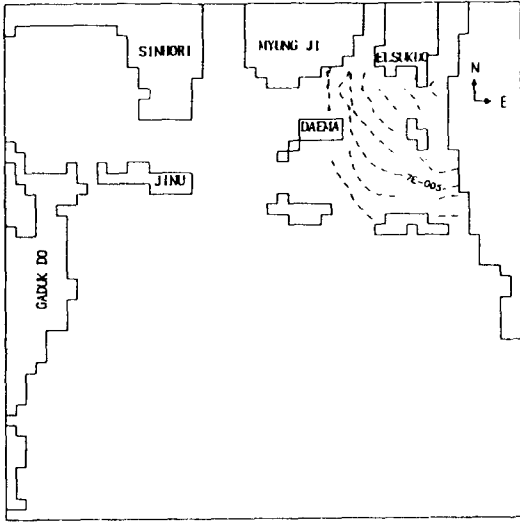


Fig. 12. Suspended sediment concentration distribution(2 hours before minimum tidal height, case 1)

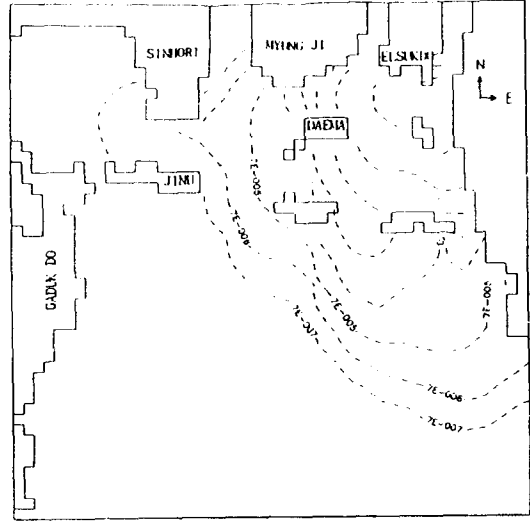


Fig. 13. Suspended sediment concentration distribution(2 hours before minimum tidal height, case 2)

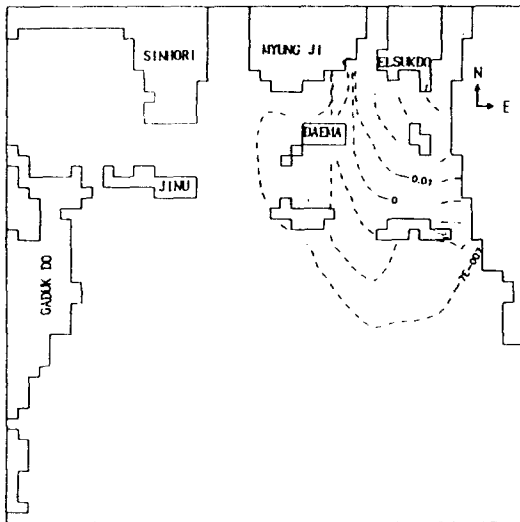


Fig. 14. Suspended sediment concentration distribution(2 hours before minimum tidal height, case 3)

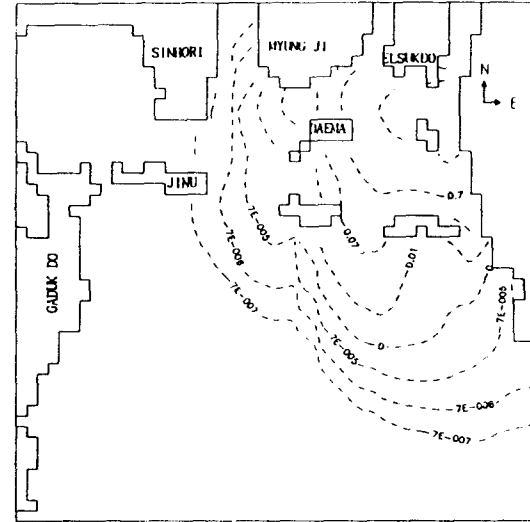


Fig. 15. Suspended sediment concentration distribution(2 hours before minimum tidal height, case 4)

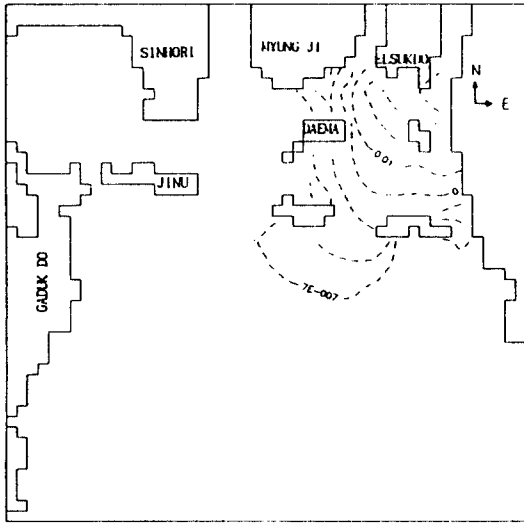


Fig. 16 Suspended sediment concentration distribution(1 hours after minimum tidal height, case 1)

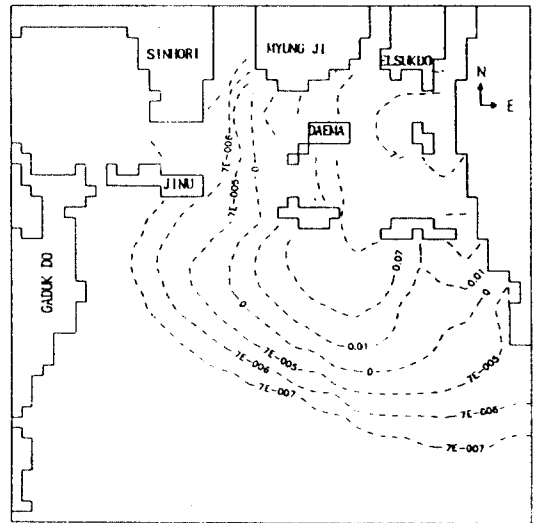


Fig. 17 Suspended sediment concentration distribution(1 hours after minimum tidal height, case 2)

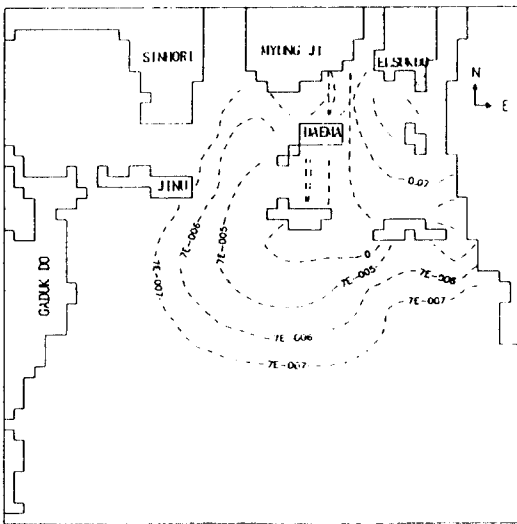


Fig. 18 Suspended sediment concentration distribution(1 hours after minimum tidal height, case 3)

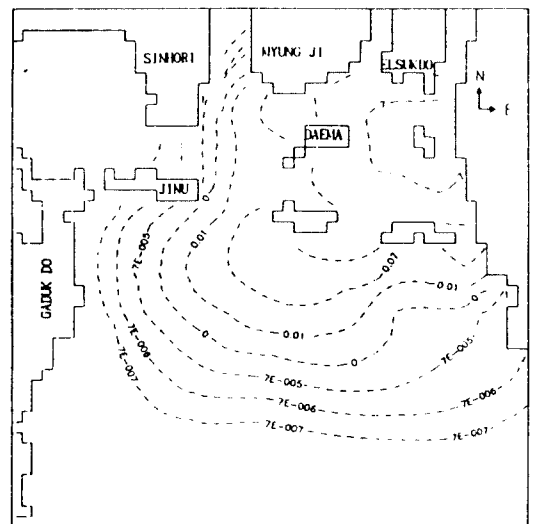


Fig. 19 Suspended sediment concentration distribution(1 hours after minimum tidal height, case 4)

확산이 더욱 많이 이루어져 있음을 볼 수 있다.

최저조위 1시간 후에서 비교해 보면 CASE 1(그림16)과 CASE 2(그림17)에서보다 CASE 3(그림18)과 CASE 4(그림19)에서 가덕도쪽으로 더 많이 확산되어 있음을 보여주고 있다. 이는 가덕수로를 개방경계로 처리한 것이 가덕수로를 차단한 경우보다 가덕도쪽으로 확산이 많이 되는 당연한 결과라고 생각된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 부유사 농도 수송에 대한 수치모의 실험을 하기 위하여 유속도 남단 하구해역을 연구대상 해역으로 선정하였다. 부유사 농도의 거동을 연구하기 위하여 흐름모델과 확산모델로 구분하여 계산하였으며, 수심 적분된 2차원 지배방정식을 낙동강 하구둑으로부터 담수유입조건과 가덕수로에서의 개방 경계조건을 고려한 각각 4가지 경우에 대하여 해수유동과 부유사의 농도 확산에 대한 수치모의 실험을 하였다.

본 연구에서의 수치모의 실험 결과와 1993. 4. 3일 동아대학교에서 현장관측한 유속, 유향자료 및 1981. 2. 19일 하단지점에서 네덜란드의 NEDECO에서 관측한 자료와 비교한 결과는 다음과 같다.

CASE 1과 CASE 3의 경우는 하구둑 수문을 닫은 경우로서 갈수기에 측정된 NEDECO자료와 조석의 분포에 따라 유속과 농도의 절대값의 차이는 있지만 비교적 잘 일치하는 것을 보여 주었고 CASE 2와 CASE 4는 NEDECO자료와는 다른 홍수기시의 유속 및 농도분포 형태를 보여 주고 있다. 이는 CASE 2와 CASE 4의 담수 유입이 홍수기시의 담수 유입형태이므로 썰물시의 높은 유속에 의해서 부유사의 농도가 낮게 나타났다. 또한 흐름모델의 계산결과와 동아대학교 해양공학과 의 현장 관측자료와는 부분적인 차이가 있었는데, 이는 측정된 유속자료에는 바람에 의한 해면응력의 영향이 반영되어 수심별 유속분포의 차이가 나타나 있고, 본 연구에서 사용한 지배방정식은 수심적분하여 평균한 형태이므로 이로 인한 차이라고 생각된다.

확산모델의 계산 결과 낙동강 하구둑의 건설로 인해 진우도와 대마등 근처의 유속이 약해져서 유기체에 강 상류로부터 유입되는 부유사가 다대포 연안지역쪽으로 수송되는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 사용한 확산모델은 하구에서의 일반적인 확산특성이 잘 나타나고 있으며, 하구둑으로부터 담수유입을 고려한 경우와 담수유입이 차단된 경우에 대한 하구에서의 부유사 수송특성 차이를 뚜렷하게 보여주고 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 동아대학교 환경문제연구소, "장림하수처리장 건설에 따른 하구역 수질환경조사", 1991. 7.
2. 인제대학교 환경연구소, "낙동강하구의 자연환경 및 생태변화", 제1회 환경심포지움 발표논문집, 1992.11.
3. 산업기지개발공사, "낙동강하구 생태계조사", 1985, 1986, 1987.
4. NEDECO, "Nakdong estuary barrage and reclamation project", interim report Annex 6., Morphological aspects, Daejeon, May, 1981.
5. Narayanan, M. and R.J. Branders, "A short-term conservative transport model for shallow estuaries", Tech. Rep. HYD12-7104, Hydraulic Engineering Lab., The University of Texas at Austin, 1971.
6. Shoichiro Nakamura, "Applied Numerical Methods with Software", The Ohio State University, 1991.
7. Klaus A. Hoffmann, "Computational Fluid Dynamics for Engineers", The University of Texas at Austin, 1989.
8. A. R. Mitchell, "Computational Methods in Partial Differential Equations", The University of Dundee, Scotland, 1969.
9. Choi, B. H., "A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea", KORDI, SPI000 19(3)-36-2, 1980.
10. 서울대학교 자연과학연구소, "해양오염 현황 규

- 명 및 최적 저감방안 모색을 위한 Simulation 연구”, 1984. 11.
11. 강주환, “유한차분모형에 의한 하구의 염도확산 분석”, 서울대학교 토목공학과대학원 박사학위논문, 1991.
12. Harleman, D. R. F., “The Significance of Longitudinal Dispersion in the Analysis of Pollution in Estuaries”, Proceedings, 2nd International Conference on Water Pollution Research, Tokyo, Aug. 1964.