

해양 매립 및 준설토 투기에 따른 부유사 확산의 시·공간적 특성에 관한 연구

김용원·김종인*·윤한삼*·홍도웅*
부산지방해양수산청·*부경대학교 해양공학과

Temporal and Spatial Spreading Characteristic of Drift Soil due to the Reclamation in the Pusan Port

YONG-WON KIM, JONG-IN KIM*, HAN-SAM YOON* AND DO-UNG HONG*

Pusan Regional Maritime Affairs & Fisheries Office, Pusan 601-052, Korea

*Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

KEY WORDS: Suspended Solids(SS) 부유사, Dredging 준설, Reclamation 매립, Suspension velocity 부상속도, settlement velocity 침강속도, Generation limit 발생한계, Dispersion characteristics 확산 특성

ABSTRACT: In this study, the evaluation method of diffusion characteristics of Suspended Solids(SS) and the generation limit(source and thick) are investigated, which is significantly affecting on marine environment by construction works such as dredging and reclamation. Dispersion characteristics of SS is examined by hydraulic tests and numerical works in consideration with the Pusan Port. Hydraulic model test was performed in 2-D wave flume to find the limit wave condition of re-suspension of solid as well as the time dependent characteristics of settlement.

The results obtained in the study are as follows; 1) The quantitative evaluation of SS is the basic parameter of marine environmental impact assessment in related with the port development. The SS increases as the water content of sea bed solid increases and the density decreases. 2) The sea bed solid in Sinsundai area, Pusan Port has the water content range of 83~157%. 3) The ratio of suspension velocity against settlement velocity is about 0.25 and SS concentration converges as the wave height. 4) The SS increases 2 times when time step increases 3 times(10 sec to 30 sec) in numerical simulation. It means that the effect of the time step should be checked in detail to stable. The diffusion coefficient are affected sensitively in the dispersion process while sea bed friction coefficient have not strong relation in the simulated area.

1. 서 론

국내 경제규모의 급신장과 해상화물 물동량이 증가함에 따라 항만개발을 위한 매립과 선박의 운항에 필요한 항내수심 확보를 위한 준설공사가 활발하게 수행되고 있다. 이 때 발생하는 부유토사가 주변 해양환경에 미치는 직·간접적인 영향에 대한 관심도 크게 증가하고 있다. 특히 부유토사가 주변 해역으로 확산되면 해수의 혼탁도를 증가시켜 인근 해양생태계에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 절실히 요구된다. 즉, 공사시 발생된 부유물질에 의해 해수가 현저히 혼탁해지면 빛의 투과량이 줄어들어 광합성 작용이 불가능해짐으로써 해양생물이 감소하게 된다. 또한, 부유토사 침전시 해양 생태계의 1차 생산자인 식물성 플랑크톤이 부유토사의 입자와 응집현상을 일으켜 함께 침강되므로 해양생태계를 유지하고 있는 먹이 사슬이 파괴될 수 있다. 이러한 주변 해양환

경에 미치는 악영향을 최소화하기 위해서 공사 진행 시기에 따라 매립 및 준설 해역에서는 여수토에서 발생하는 부유물질을 차단하기 위하여 고정식 오타막 방지막을 설치하는 것이 일반적이다. 그러나 공사시 발생하는 부유토사의 발생량에 따른 확산범위와 차단효과에 대한 연구는 극히 미흡한 실정이며 이에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 매립공사 주변해역의 부유물질 농도의 시·공간적 분포 특성과 매립 및 준설 공사로 인해 발생하는 고농도 부유물질의 확산 범위 특성을 조사하고자 한다. 이를 우리나라 제 1의 항만인 부산항에 적용함으로써 부산항 항만 매립 및 준설로 인한 부유사확산의 시·공간적 특성을 살펴보고자 한다.

부산항내의 유동을 재현하고 부유사 확산모델을 이용하여 부산항내의 매립 및 준설시 발생하는 부유사의 발생량, 부유토사 확산의 시간적·공간적 분포 및 특성을 규명하여 향후 항만 공사시에 발생하는 부유사 확산 범위 및 분포를 예측하는

데 기초자료를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

2. 부유사 발생원단위에 미치는 영향인자

일반적으로 해상작업으로 인한 부유사 발생강도는 부유사 발생원단위인 TGU, S파라미터 등으로 나타내는데, 기존의 조사 결과를 바탕으로 부유사 발생강도에 영향을 미치는 영향인자를 살펴보면, ㉠저질의 입도분포(실트질 이하가 차지하는 비율, 저질의 침강속도) ㉡저질의 현장밀도(함수비) ㉢공사현장의 유속(조류, 해류 등) ㉣작업수심 ㉤파랑(유의파의 파고, 주기) ㉥해역의 배경농도(탁도) ㉦해상작업이 저질에 작용하는 충격력(요란) ㉧해상작업시 저질의 유출정도 등이다. 이상의 영향인자 중 정량적으로 평가하기 용이한 것과 정량적으로 평가하기 곤란한 항목이 있는데, 예를 들면 ㉢항과 ㉤항은 정량적인 평가가 곤란하다. 이들 항목을 크게 분류하면 저질조건, 작업해역조건과 해양공사의 시공조건으로 나눌 수 있다.

Table 1은 해상공사별 해양공사의 시공조건에 따른 부유토사 발생원단위를 산정하는데 필요한 항목을 표로서 나타낸 것이다. S_w 값은 식으로 계산할 수 있으며, 타당성 여부는 측정결과를 입력자료로 하여 부유토사의 재부상과 침강 및 이류/확산을 고려한 수심평균 확산방정식의 해와 평균농도변화량(ΔC) 측정치를 비교함으로써 검증할 수 있다. 검증방법에 있어서는 단순한 해역조건에 대해서는 확산방정식의 해석해가 이용될 수 있으며, 복잡한 조건일 경우에는 Euler 확산방정식의 수치해 또는 입자추적모형에 의한 수치해 등이 이용될 수 있는데, 이러한 문제에 있어서는 이론과 수치해법 등이 아주 일반화되어 있다.

Table 1 Fundamental data for the estimation of turbidity generation unit value

Classification of the construction works	Construction condition in the ocean	Seabed Condition	Condition of sea state	Sea-work condition	Increase volume of normal turbidity	SS turbidity generation units
Definition of workability $Q(m^3/s)$	Construction method	Grain size distribution of seabed soil & sinking velocity	Water depth $\bar{h}(m)$	Work duration $\Delta t(s)$	Average turbidity measured $\bar{C}(ppm)$	Estimate of $S_w(kg/m^3)$
	Impact on seabed soil	Density of seabed soil in work area $\gamma_s(kg/m^3)$	Average current velocity $\bar{U}(m/s)$	Study area $\gamma_0(m)$	Average turbidity increase $\bar{C}(ppm)$	
	Run-off degree of seabed soil during marine operation		Wave ($H_{1/3}, T_{1/3}$)	Density of region $\bar{C}_0(ppm)$		

3. 부니토 재부상 한계

Fig. 1중 A,B,C는 준설토의 재부상 한계를 정의하고 저질특성을 파악하기 위하여 신선대 준설토 투기장 인근해역에서의 저질 채취 지점을 나타낸다. 연구 대상해역의 저질은 전반적으로 니질을 나타내었으며 저질함수비는 A지점에서 83.225%, B지점에서 157.824%, C지점에서 100.116%을 나타내었다. 부유

토사의 재부상 한계를 살펴보기 위해 중앙입경이 0.17 mm인 모래저질을 대상으로 Fig. 2에서처럼 길이가 220 cm, 폭 20 cm, 높이 40 cm인 2차원 수조에서 수리모형실험을 수행하였다.

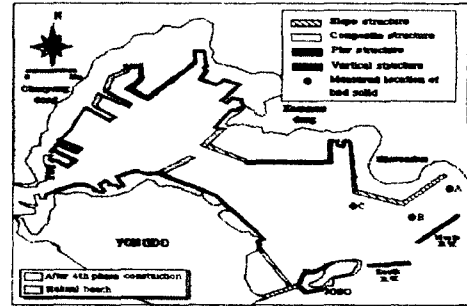


Fig. 1 The location of sampling.

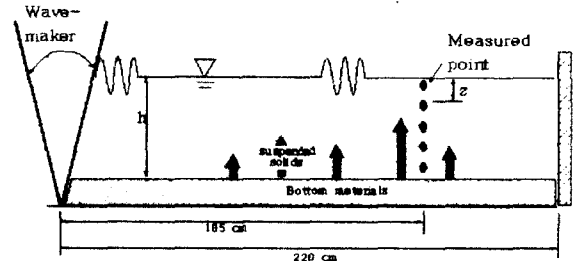


Fig. 2 Experimental set-up

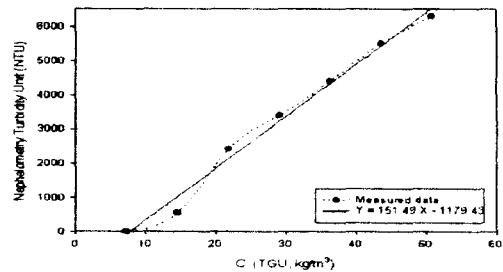


Fig. 3 Calibration curve of TGU and NTU

수조의 수심(h)은 14.6 cm이고, 수조바닥면은 실험모래를 채워 완전히 바닥에 깔고, 조파판으로부터 수조내의 부유사 측정지점까지의 거리는 185 cm이다. 규칙파열은 모터에 의해 제어되어지는 플랩형 조파장치 시스템에 의해 만들어진다.

본 실험은 중복파 영역내에서의 실험으로 부유사의 부상효과를 클 것으로 판단되는 중복파의 복(Antinode)에서 부유사의 탁도를 측정하였으며, 측정지점은 수심별 부유사 재부상 정도를 파악하기 위해 무차원 수심 $Z/h = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$ 의 5 지점이다.

본 수리실험에서 수조내 부유토사의 발생량은 탁도계(DRT 1000)를 사용하여 측정하였으며, 분석법은 혼탁입자들에 의하여 산란도를 측정하는 네펠로법(Nephelometry)을 이용하는 것으로 네펠로법-혼탁도-단위(Nephelometry Turbidity Unit; NTU)를

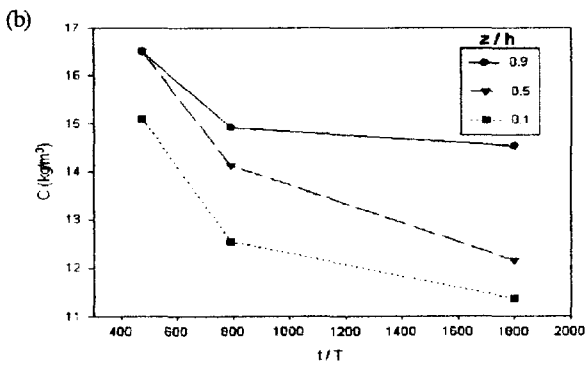
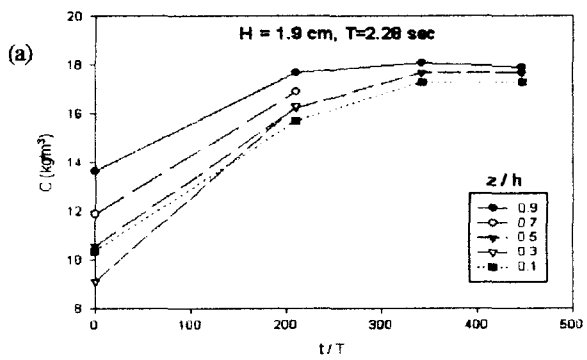


Fig. 4 Variation of SS concentration(Case A1)

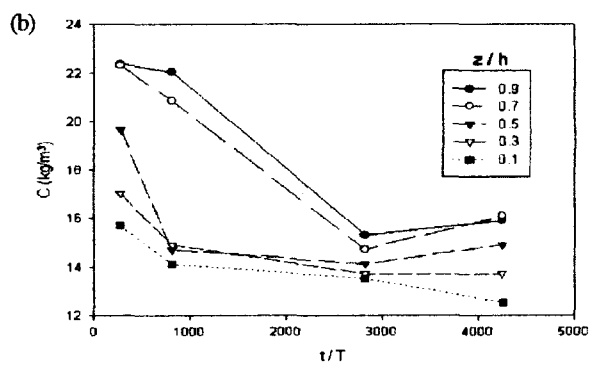
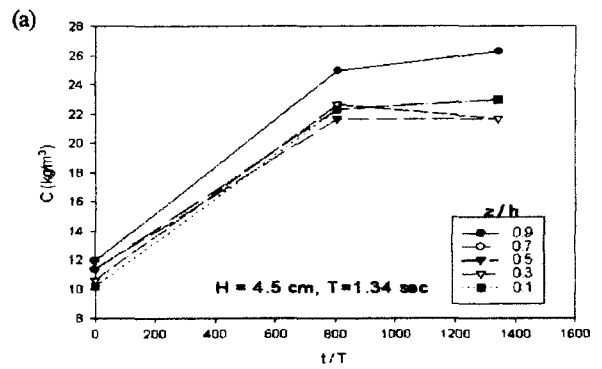


Fig. 6 Variation of SS concentration(Case A3)

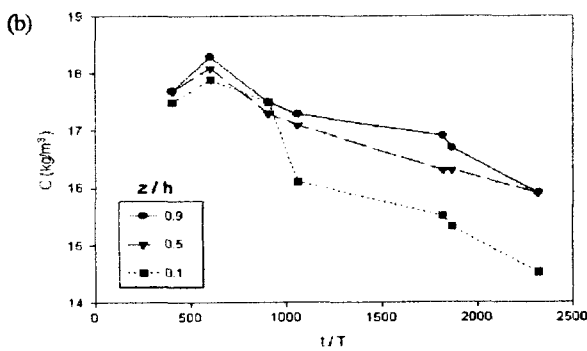
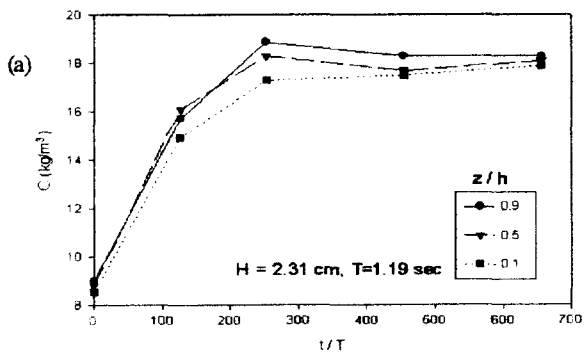


Fig. 5 Variation of SS concentration(Case A2)

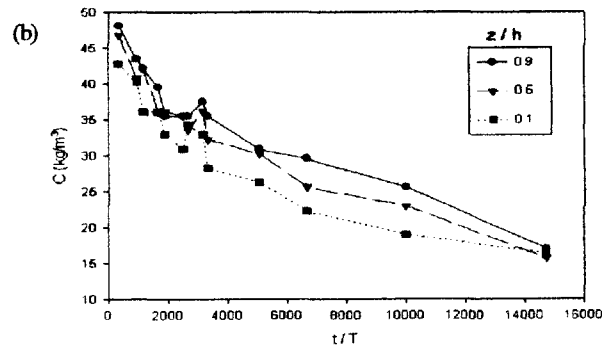
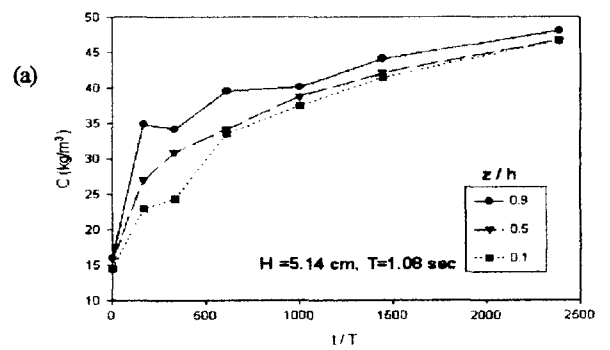


Fig. 7 Variation of SS concentration(Case A4)

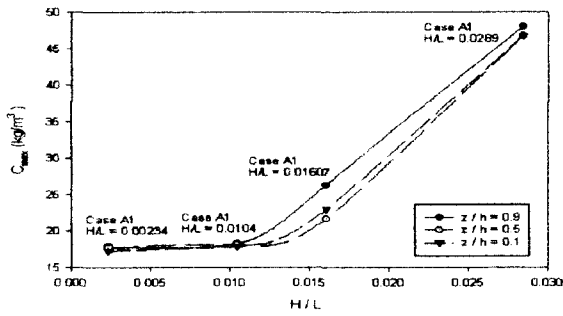


Fig. 8 Comparing of H/L and maximum turbidity generation unit values

사용한다. 실험시 측정된 탁도를 부유토사의 발생단위인 TGU(kg/m^3)로 변형하기 위해 Fig. 3과 같이 단위환산곡선(Calibration curve)을 구하여 사용하였다. 그림에서 가로축(x)인 TGU단위의 농도를, 세로축(y)은 NTU단위 농도를 나타내고 있다. 실험방법은 측정전 조파를 시작하여 수조내에 부니토가 완전히 부상하여 더 이상 포화되지 않는 상태를 만든 후, 부니토를 침강시키기 위하여 조파기를 멈추고 일정시간(30분~1시간) 후에 파고와 주기를 달리하면서 각 층별 시간에 따른 농도를 측정하였다.

Fig. 4~Fig. 7은 시간에 따른 농도변화를 나타낸 것으로 이들 그림에서 (a)는 파랑작용하에서 부니토의 재부상에 의한 농도변화를, (b)는 파랑작용이 없는 상태에서 부니토 농도의 침강속도를 나타내고 있다. (a)와 (b)를 비교할 때 부상하는 농도의 속도와 침강하는 농도의 속도는 약 4~5배의 차이를 나타내는데 부니토의 부상시 파고의 변화에 따라 일정한 농도에 수렴하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4(a)와 Fig. 5(a)에서 볼 때 전층에서 $18 kg/m^3$ 에 수렴하는 것을 볼 수 있으나 Fig. 6(a)와 Fig. 7(a)에서처럼 파고가 증가함에 따라 부유토사의 농도가 증가한다는 것을 알 수 있다. Fig. 8은 파형경사(H/L)에 대한 최대 농도의 변화추이를 나타낸 것으로, $H/L > 0.015$ 인 경우에 농도가 급격히 변화하는 것을 알 수 있다. 그러나 $H/L < 0.010$ 인 경우 농도는 거의 변화하지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig. 9는 부유사가 재부상하는 실험장면장면을 나타낸 것으로 (a) 10초후 (b) 20초후 (c) 30초후 (d) 60초후의 상태로써 시간경과에 따라 부유사가 재부상하여 농도가 커지고 있음을 알 수 있다.

4. 부유사 확산 수치모델링

물질 중에는 염분과 같이 보존성 물질이 있는가 하면, 대부분 유기물·무기물에서 볼 수 있듯이 이류·확산의 과정 중에 물질 자체가 분해 또는 합성되어 증감하는 비보존성인 것도 있다. 수치실험을 통하여 물질의 확산을 예측할 경우에는 보존성 물질로 가정해서 계산하는 경우가 많으나 대부분의 해수 중 환경인자가 비보존성 물질의 성질을 가지고 있는 점을 고

려하면 실제 현상을 정확히 재현할 수 있다고 보기는 어렵다. 그러나 물질의 분해 및 합성 등의 복잡한 기구를 제외하면 보존성 물질로 가정해서 물질의 이류·확산을 예측하는 것이 가장 일반적인 방법이라 할 수 있다. 이러한 이유로 해역의 수질 예측에는 보존성 물질의 확산이 빈번하게 이용되고 있다. 본 연구에서 주 대상으로 하는 해안 부유토사(SS)는 침강과 재부상의 복잡한 기구를 가지고 이류·확산될 것으로 생각되나 분해·합성 등의 기구에 의한 변성은 적을 것으로 가정하여 부유토사 확산의 기본량을 추정하기 위한 모델로서 후술하는 보존성

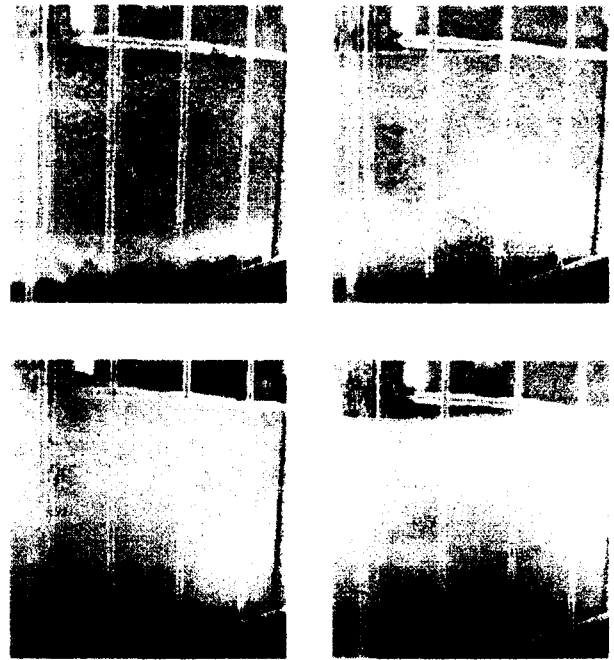


Fig. 9 Experimental photo. of Case A3

질의 확산모델을 사용한다. 보존성 물질의 단위체적당 농도를 c 라 하면, 평균유속장(u, v, w)에서의 확산방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(v c)}{\partial y} + \frac{\partial(w c)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial c}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (D_z \frac{\partial c}{\partial z}) \quad (1)$$

여기서 D_x, D_y, D_z 는 각각 x, y, z 방향의 난류확산계수이다. 식 (1)에 대해 해면과 해저를 통해 물질이 이류·확산되지 않는다는 조건을 사용하여 $z(-h \leq z \leq \zeta)$ 에 관해 적분하면 다음과 같은 2차원 확산방정식을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial[(\zeta+h)c]}{\partial t} + \frac{\partial[(\zeta+h)uc]}{\partial x} + \frac{\partial[(\zeta+h)vc]}{\partial y} = \frac{\partial[(\zeta+h)K_x \frac{\partial c}{\partial x}]}{\partial x} + \frac{\partial[(\zeta+h)K_y \frac{\partial c}{\partial y}]}{\partial y} \quad (2)$$

여기서 u, v, c 는 각각 $-h \leq z \leq \zeta$ 구간에서 수심방향으로 평균한 x, y 방향의 유속성분과 물질농도를 나타내고, K_x 와 K_y 는 수평류의 연직분포에 의한 이류성분을 포함한 가시확산계수를 의미한다. 농도 c 를 수위점과 동일위치에서 계산하고, 확산계수 K_x, K_y 를 유속 u, v 의 위치에서 정의해 주면 유동에 대한 계산식에서와 같은 방법으로 식 (1)에 대해서는 ADI법으로 다음과 같은 순환식이 전반의 시간 $\text{step } (n+1/2)\Delta t$ 에 대해 얻어진다.

$$c_{i,j}^{n+1/2} = -E_{i+1,j} c_{i+1}^{n+1/2} + F_{i+1,j} \quad (3)$$

여기서 $-E_{i+1,j}, F_{i+1,j}$ 는 시간레벨 $n\Delta t$ 이하에서 결정되는 기지량이다. 후반의 시간간격 $(n+1)\Delta t$ 에 대해서도 같은 일반식을 얻을 수 있다.

4.1 부유사 확산 계산결과

Fig. 10은 부산항내 매립 및 준설공사중 발생하는 부유토사의 확산에 의한 피해영향범위를 파악하기 위한 확산 수치모의 결과로서 SS 발생조건을 고려하여 계산한 것으로 SS농도가 평형상태에 도달한 대조기시 7조석째(84시간)의 최강 창조시 계산결과를 도시한 것이다. 그림에서 매립공사 현장에서 발생하는 부유토사 농도 0.1 ppm을 초과하는 등농도선은 오류도와 부산항 북방파제를 연결한 인근해역에 국한됨을 알 수 있다. 한편, 이 계산에 적용한 부유토사 발생원단위는 공법과 저감대책을 전혀 고려하지 않고, 발생가능한 최대 원단위를 적용한 결과이다.

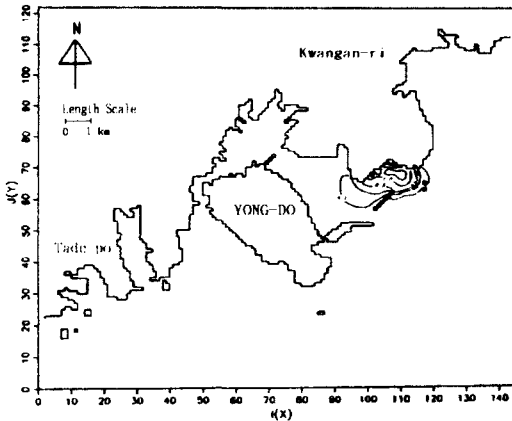


Fig. 10 Spatial distribution of SS concentration at maximum flood tidal current

4.2 부유사 확산의 시·공간적 특성

이상에서 구축된 해수유동 및 확산 수치모형을 부산항 신선대 주변해역에 적용함으로써 부유사의 시간적·공간적 확산특성을 검토해 보고자 한다. 앞서 수행되어진 수치계산은 부산항 신선대 매립 및 준설투기장 건설에 따른 부유물질에 의한 오염확산에 초점이 맞추어진 것으로 계산조건들은 대상해역에서 시행할 호안공사의 공기중 최대로 공사강도가 높은 시기인 기초준설과 기초사석투하가 동시에 실시되는 시기를 선정하였다.

또한, SS발생원단위는 Nakai(1978)의 Grab(기종: 4 m³) 준설을 적용하였으며 해상작업가능일수는 손(1999)의 연구결과를 참고

로하여 연간 285일, 월간 23일, 육상 작업가능 일수는 연간 282일, 월간 23일을 적용하였다. 구축한 수치모델중 해저면 마찰 조건의 적용성을 검토하기 위하여 부유토사 농도의 계산결과와 민감도와 확산계산시 부유토사 확산계산 시간간격간의 상호관계 및 부유물질의 시·공간적 특성을 정량적으로 파악하기 위해 다음과 같은 3가지 실험조건을 설정하여 수치실험을 실시하였다.

i) 부유사의 확산계산시 시간간격을 10 sec 와 30 sec 로 구분하여 계산하였을 경우

ii) 수치모델의 해저면 마찰조건을 다음과 같이 변화시킬 경우

$$C = \frac{1}{n} (\bar{h})^{1/6} \quad (4)$$

$$C = 19.4 \ln(0.9 \bar{h}) \quad (5)$$

$$C = 61.4 \quad (6)$$

여기서 \bar{h} 는 계산적자 내부의 평균수심, n 은 Chezy의 조도계수 ($C = 0.026 m^{1/3} s$)이다. 식(5)과 식(6)은 일반적으로 사용되는 경험식으로 이에 대한 검증이 필요한 실정이다.

iii) 부유물질의 수평 확산계수를 변화시켰을 경우

부유물질의 확산계산에 있어 확산계수는 앞서 언급한 바와 같이 저질조건, 작업해역조건과 해양공사의 시공조건 등을 고려하여 설정하여야 하나 일반적으로는 다음식 (7)~(9)와 같은 이론식을 적용하고 있다.

$$K_x = K_y = 1 m^3 / sec \quad (7)$$

$$K_x = K_y = 10 m^3 / sec \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} K_x &= 5.93|\bar{u}|h\sqrt{g}/C (m^3/sec) \\ K_y &= 5.93|\bar{v}|h\sqrt{g}/C (m^3/sec) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

식 (7)~(9)는 平野·杉野 등이 오오사카 내만에서의 평면모형실험에 적용한 경험공식으로 부산항에 대한 검증이 필요한 실정이다.

이상의 3가지 조건을 사용하여 계산을 수행한 후 부유토사 확산의 공간적 분포특성을 Fig. 11에서와 같이 선정된 임의의 점에서의 부유토사 농도의 변화를 통해 비교·검토하였다. 준설지역에 해당되는 임의의 x 지점을 선정하여 부유물질의 투하

Table 2 Calculation conditions and figure names of result

Time interval (Δt)	Bottom friction coeff.	Diffusion coeff.	Result	Remark
10 sec	Eq.(4)	Eq.(9)	Fig. 13	Case I-1
	Eq.(5)		동일	Case I-2
	Eq.(6)		동일	Case I-3
30 sec	Eq.(4)	Eq.(9)	Fig. 14	Case II-1
	Eq.(5)		Fig. 15	Case II-2
	Eq.(6)		Fig. 16	Case II-3
10 sec	Eq.(4)	Eq.(7),Eq.(8),Eq.(9)	Fig. 17	Case III
		Eq.(7)	Fig. 18	Case IV-1
		Eq.(8)	Fig. 19	Case IV-2
		Eq.(9)	Fig. 12	Case I-1

지점을 나타낸다.

위에서 언급한 실험조건을 적용하여 실시한 계산결과는 Fig. 12~Fig. 19와 같다. Fig. 12는 계산시간간격을 10 sec와 30 sec로 하였을 경우의 계산결과로서 계산시간간격(Δt)이 3배로 증가함에 따라 부유사 농도는 약 2배 증가하였다. 따라서 Δt 를 증가시킬 경우 계산결과가 과대평가될 수 있음을 알 수 있다. Fig. 13~Fig. 18은 계산시간간격과 저면마찰계수를 변화시킨 경우이고, Fig. 19는 저면마찰계수와 시간간격을 일정하게 고정시킨 후 확산계수를 변화시켰을 경우 임의의 비교점에서의 부유토사의 농도 변화를 나타낸다.

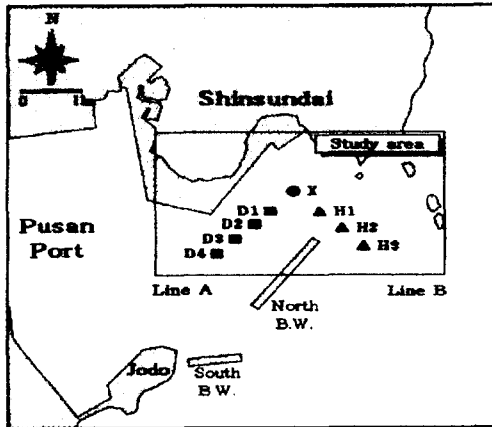


Fig. 11 Map of stations for the comparison of SS Concentrations

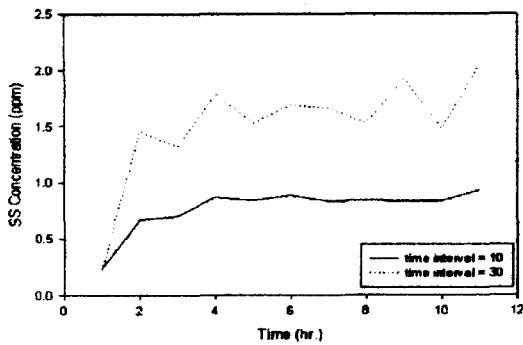


Fig. 12 Calculation sensitivity of SS concentration as two time interval Δt

이상의 결과로 부터 저면마찰계수를 변화시킨 경우에는 부유토사의 농도는 큰 차이를 나타내지 않았지만, 확산계수를 변화시켰을 경우 부유토사의 농도 변화가 민감하게 변하고 있음을 알 수 있었다. 즉, 유동변화에 따라 확산계수가 변하는 경우가 확산계수를 계산 전영역에 일정하게 두고서 계산한 경우보다 부유토사의 농도가 더 크게 나타난다는 것을 알 수 있다. 또한 부유물질 발생지점으로부터 멀어질수록 부유농도가 점차 감소하며, 4시간 이후부터는 전반적으로 부유토사의 농도가 일

정한 값으로 수렴하고 있음을 알 수 있다.

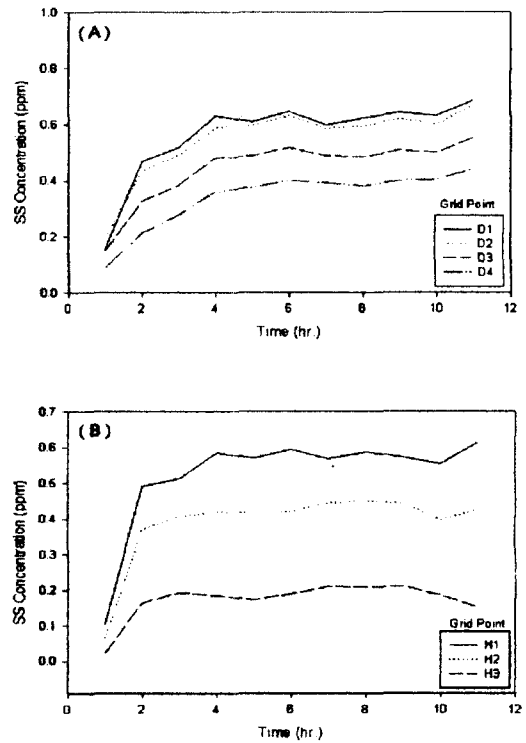


Fig. 13 Spatial distribution of SS concentration(Case I-1)

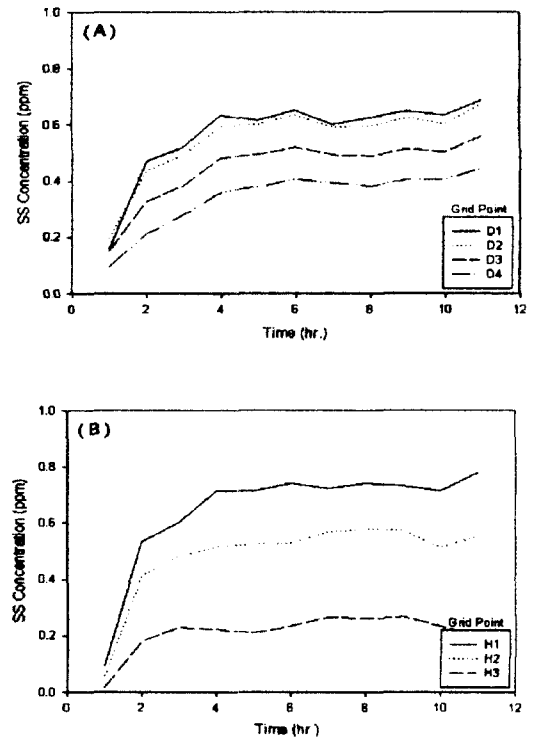


Fig. 14 Spatial distribution of SS concentration(Case II-1)

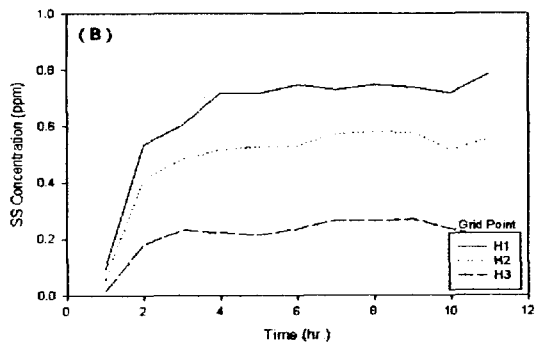
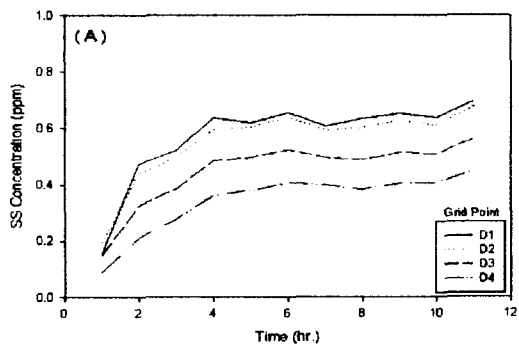


Fig. 15 Spatial distribution of SS concentration(Case II-2)

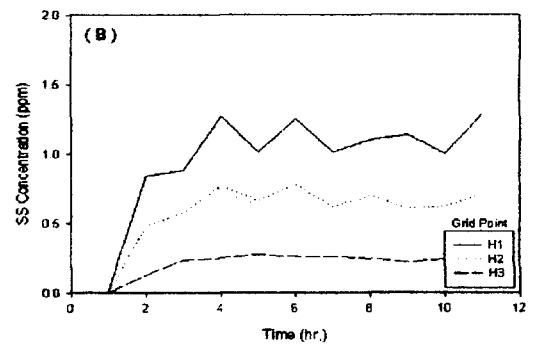
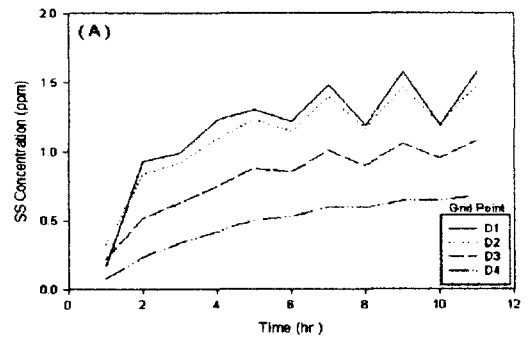


Fig. 17 Spatial distribution of SS concentration(Case III)

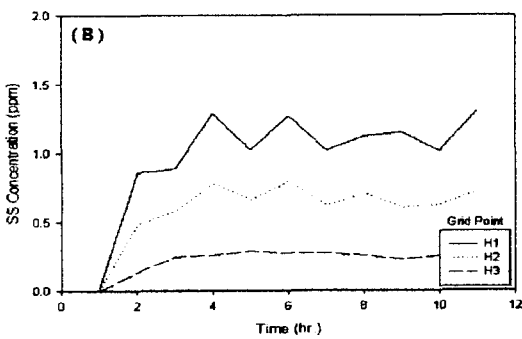
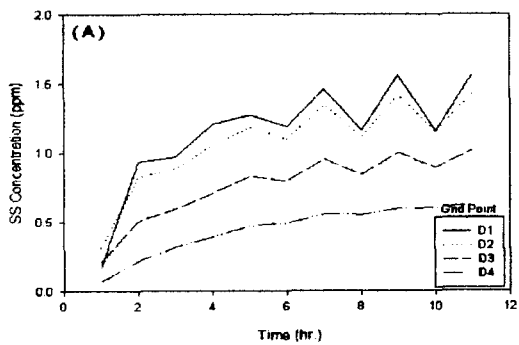


Fig. 16 Spatial distribution of SS concentration(Case II-3)

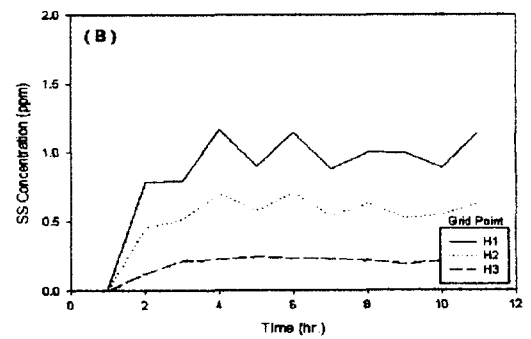
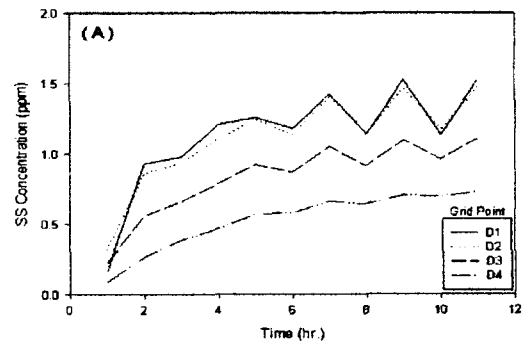


Fig. 18 Spatial distribution of SS concentration(Case IV-1)

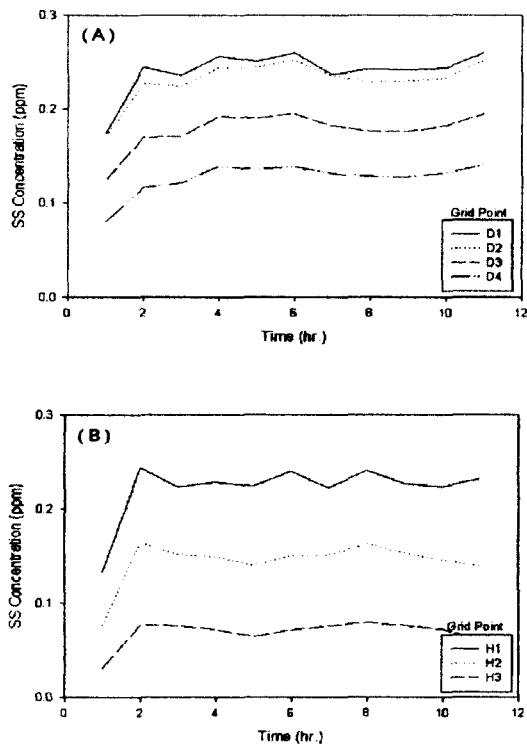


Fig. 19 Spatial distribution of SS concentration(Case IV-2)

5. 결 론

본 연구는 각종 매립 및 준설로 인해 주변 해양환경에 미치는 직·간접적 영향인자로 파악되는 부유토사의 발생원단위산정 방법 및 발생한계에 대해서 기존의 연구를 바탕으로 고찰하고, 이를 수치모델에 적용하여 해양구조물 건설공사 중 필연적으로 발생하는 부유물질의 확산특성을 수치모의 결과를 중심으로 고찰하였다.

또한, 대상으로 하는 부산항 주변해역의 매립 및 준설 과정에서 발생하는 부유토사가 주변 해양환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 고농도 부유물질의 확산범위를 예측하였다. 이를 위해 2차원 수리실험을 통해 부유토사가 파랑에 의해 재부유되는 한계조건과 시간변화에 따른 침강특성을 고찰하였다.

이상의 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 해상공사 중 발생하는 부니토는 해양의 물리적 환경과 수질 환경에 영향을 미치게 되는데, 여기서 발생하는 부니토량을 정량적으로 예측하는 것은 해양환경영향을 정량적으로 평가하는 가장 기본적인 인자이다.
- 2) 저질의 함수비가 큰 점토일수록 부유토사의 농도가 커지고, 반면에 밀도가 큰 단단한 점토는 부상율이 작다.
- 3) 부산항 신선대 주변해역의 저질의 함수비는 83 ~ 157 %의 분포를 가진다.
- 4) 부유토사의 농도부상속도는 침강속도보다 약 4배정도 작으며, 부니토의 농도는 각각의 파고에 따라 일정한 값으로 수

렴한다.

- 5) 구축한 수치모델을 사용하여 부유토사의 확산실험을 수행한 결과, 시간스텝(Δt)이 3배 증가함에 따라 부유토사의 농도는 약 2배 증가하였으나, 저면마찰계수 변화에 의한 영향은 거의 받지 않았다. 또한 확산계수의 민감도를 살펴보았을 때 유동변화에 따라 확산계수를 변화시켰을 경우가 일정한 확산계수를 사용하여 계산한 경우보다 크다는 것을 알 수 있었다.
- 6) 부유토사확산 실험결과를 통해 부유물질은 주변 해역으로 확산됨에 따라서 일정 농도로 감소하고, 시간이 경과함에 따라 공사초기의 4시간까지는 급격히 증가하다가 그 이후부터는 정상상태에 도달하여 일정한 농도를 가지게 됨을 알 수 있다. 이는 해역조건 및 공사규모에 의한 정상농도가 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 해역조건, 공사종류 및 규모에 따른 정상상태의 농도와의 관련성을 규명하여 해상공사의 발생시키는 부유토사 저감대책을 강구하면 효율적 환경관리 대책 수립에 기여할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 김용원(2000). "부산항 매립 및 준설토 투기장 건설에 따른 부유사 확산의 시·공간적 특성", 부경대학교 대학원 석사학위논문.
- 손영환(1999). "부산항 개발단계별 항내정온도 특성에 관한 연구", 부경대학교 대학원 석사학위논문.
- Kuo, A.Y. and D.F. Hayes(1991). "A model for turbidity plume induced by bucket dredges", J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., ASCE, November.
- Nakai, O.(1978). "Turbidity generated by dredging projects, management of bottom sediments containing toxic substance" Proc. of 3rd United States-Japan experts meeting, pp 1~47.
- 堀江毅(1987). "海上工事に伴る濁り子測モデルと濁り監視への適用性について", 港湾技術研究報告, 第26巻, 第2号.
- 鹿島遠一・齊藤昭三(1971). "振動流による浮遊砂の濃度と粒径", 第18回 海岸工學講演會論文集, 355~358.
- 細井正延・安藤智幸(1977). "碎波帯内の浮遊砂濃度に關する實驗的研究" 第24回 海岸工學講演會論文集, 147~151.
- 柳青魯・林鍾和・李和云(1992). "沿岸域油類汚染物質の舉動のsimulation model", 海岸工學會論文集, 第39號, pp 930~933.