

# 구조물 건설에 따른 해저면 세굴예측

김규한\* 김기식\*\* 여운광\*\*\* 편종근\*\*\*\*

## 1. 서론

방조제의 최종체절은 물론 각가지 종류의 해상 구조물을 건설할 경우 흐름장은 기존의 평형상태를 잃게 되며, 때에 따라 일시적으로 고유속이 발생될 경우에는 주변 해저면에는 종종 국소적 세굴이 발생하게 되어 막대한 피해를 초래하게 되곤 한다. 이와같은 때에 세굴의 범위 및 세굴 깊이 등을 보다 정확히 예측하는 것은 해역의 환경보호 측면은 물론 세굴에 대한 구조물의 방호 대책 수립시 무엇보다 중요한 검토과제일 것이다.

본 연구에서는 구조물 설치에 따라 발생된 세굴피해 사례를 대상으로 하여 수치모형에서 얻어진 세굴량과 실제 세굴피해와의 비교검토를 수행하였다.

## 2. 세굴량 예측을 위한 수치모형

### 2.1 모형의 개요

본 연구에서 사용한 세굴량 예측모형은 기본적으로는 저면에서의 부상, 침강향을 포함한 표사의 이류확산방정식을 해석함으로써 세굴되는 실트의 양을 예측하는 모델이다. 실트가 「부상 → 이류 → 확산 → 침강」을 반복하면서 이동한다고 생각하여 이들의 제반현상을 연속방정식, 운

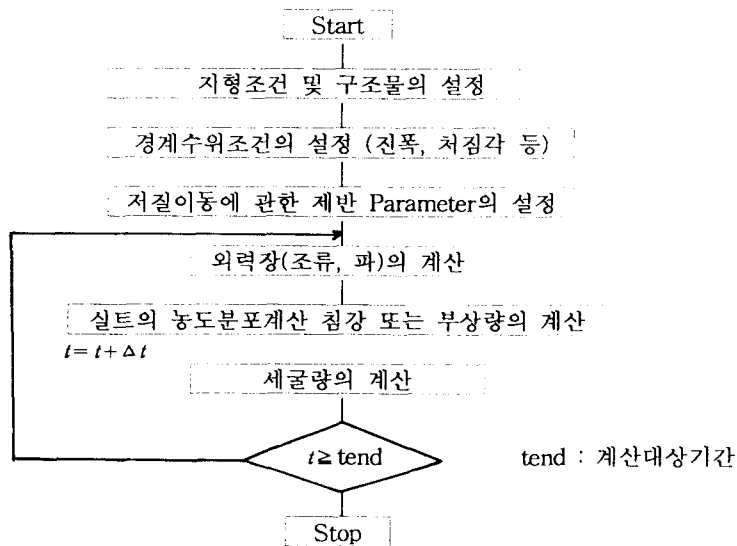


그림 1 예측모형의 흐름도

\* 관동대학교 토목공학과 조교수

\*\* 명지대학교 토목공학과 석사과정

\*\*\* 명지대학교 토목공학과 부교수

\*\*\*\* 명지대학교 토목공학과 교수

동방정식, 부상, 침강항을 포함한 부유농도에 관한 이류확산방정식을 해석하여 얻어진 저면에서의 부상, 침강량과 저면위치의 변화와의 관계식(저질에 관한 연속방정식)을 사용하여 세굴량을 추정하였다.

## 2.2 외력장의 계산모형

외력장으로 작용하는 조류 및 파를 계산하기 위하여 다음과 같은 수심적분된 연속 방정식, 운동 방정식을 사용하였다.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{H} \right) + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 M \sqrt{M^2 + N^2}}{H^{7/3}} - \frac{\partial}{\partial x} \left( K_H \frac{\partial M}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( K_H \frac{\partial M}{\partial y} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{H} \right) + gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2 N \sqrt{M^2 + N^2}}{H^{7/3}} - \frac{\partial}{\partial x} \left( K_H \frac{\partial M}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( K_H \frac{\partial M}{\partial y} \right) = 0 \quad (3)$$

여기에서  $\eta$ 는 수위,  $M, N$ 은  $x, y$  방향의 수평 선유량성분,  $H (= h + \eta)$ 는 실제수심,  $K_H$ 는 수평 혼합계수이다. 위 식의 차분에 있어서는 Semi-implicit 방법을 이용하였으며, 특히 운동방정식은 안정성을 고려하여 수위경사항과 저면마찰항을 음해법으로 차분화 하였다.

## 2.3 세굴량 예측모형

부유된 실트에 관한 농도분포는 다음과 같은 이류확산방정식에 의해 구할 수 있다.

$$\frac{\partial(HC)}{\partial t} + \frac{\partial(HuC)}{\partial x} + \frac{\partial(HvC)}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left( H\epsilon_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( H\epsilon_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) = P - D \quad (4)$$

여기에서  $C$ 는 수심방향으로 평균화된 부유저질농도,  $u, v$ 는 수심방향으로 평균화된 평균속도의  $x, y$  성분,  $H$ 는 실수심 ( $= h + \eta$ ),  $\epsilon_x, \epsilon_y$ 는 수평방향으로 평균화된 수평확산계수의  $x, y$  성분,  $P$ 는 단위시간, 단위면적당 저면으로부터의 부상량,  $D$ 는 단위시간, 단위면적당 저면에의 침강량이다. 표사에 관한 이류확산방정식의 기본식을 확립하는데 있어서는 해면과 저면에 대해 경계조건을 설정해야 할 필요가 있으며 경계조건은 다음과 같다.

해면에서의 경계조건

$$F_x = -CW_f - \epsilon_x \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{\text{해면}} = 0 \quad (5)$$

해저면에서의 경계조건

$$\begin{aligned} F_{zb} &= -C_{bed}W_f - \epsilon_x \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{\text{저면}} \\ &= \text{침강항(하방향)} + \text{난류변동에 의한 확산항(상방향)} \\ &= -D + P \end{aligned} \quad (6)$$

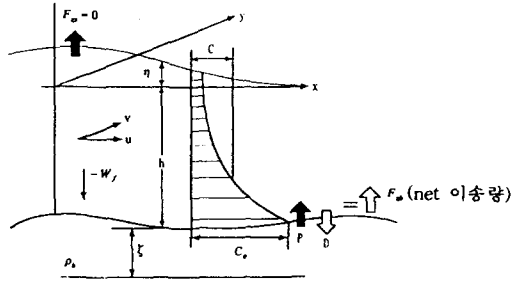


그림 2 이류확산방정식의 개념 및 경계조건

이류확산방정식의 차분은 양해법을 사용하였으며, 시간에 대해서는 전진차분, 공간에 대해서는 풍상차분(upwind scheme), 중앙차분을 이용하였다. 또한 저질의 연속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_b \cdot \zeta) = D - P \quad (7)$$

여기에서  $\rho_b$ 는 저면에서의 부니밀도,  $\zeta$ 는 저면위치이다.

### 3. 현지에의 적용

#### 3.1 대상지역의 개황

모델의 적용대상인 서해대교는 우리나라의 중부 서해안인 아산만에 위치하고 있으며, 이곳은 수심에 비해 조석간만의 차가 커서 조류에 의한 영향이 상당히 크고, 저질로는 실트와 실트질 모래가 혼합되어 있다.

#### 3.2 조류유동계산 및 결과

대상지역에 대한 해저지형 변동의 외력으로 작용되는 조류를 계산하기 위한 호안공사 전·후의 격자망도는 그림 3과 4이고, 계산된 결과는 그림 5~8이다.

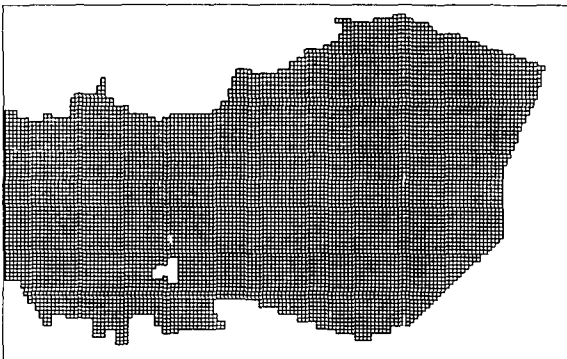


그림 3 공사전의 계산격자망

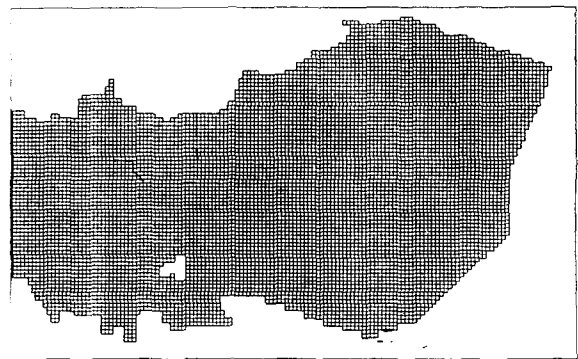


그림 4 공사중의 계산격자망

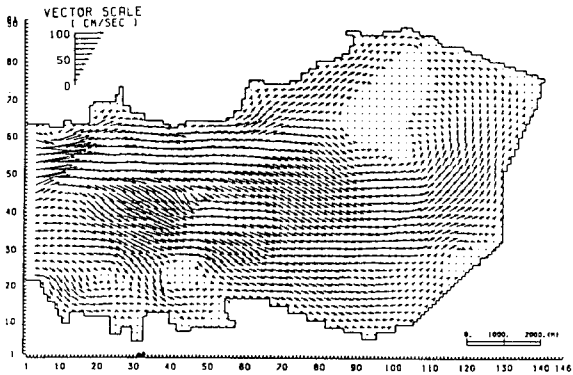


그림 5 공사전의 창조시 유속분포

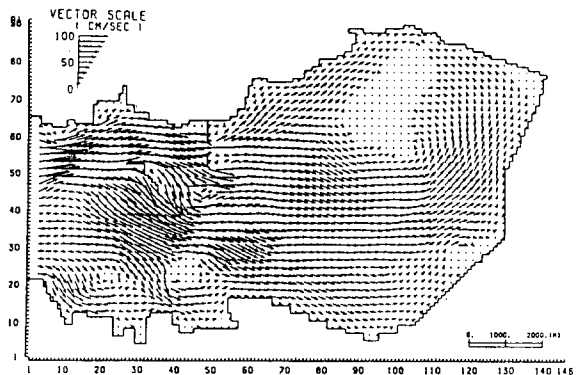


그림 6 공사중의 창조시 유속분포

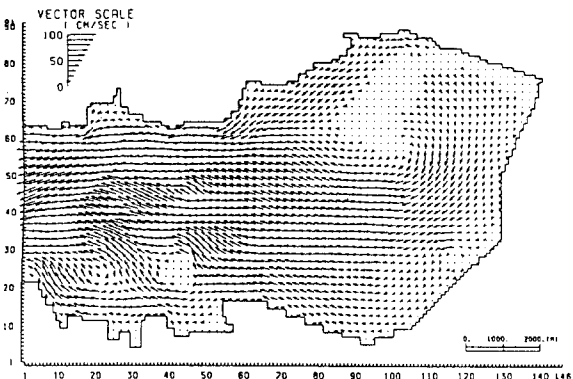


그림 7 공사전의 낙조시 유속분포

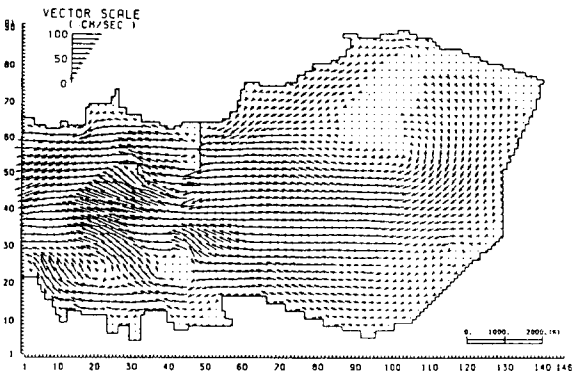


그림 8 공사중의 낙조시 유속분포

### 3.3 세굴량예측계산 및 결과

조류유동계산 결과를 이용하여 공사전후에 대한 지형변동의 수치모의 계산결과의 일례는 각각 그림 9와 10과 같다.

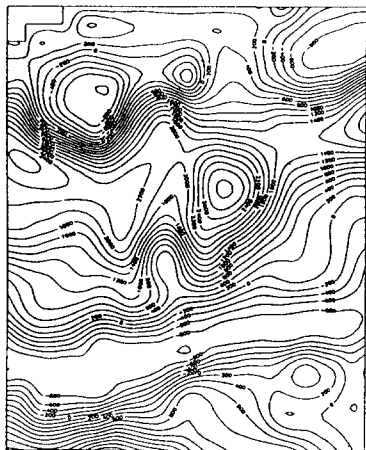


그림 9 공사전의 계산결과

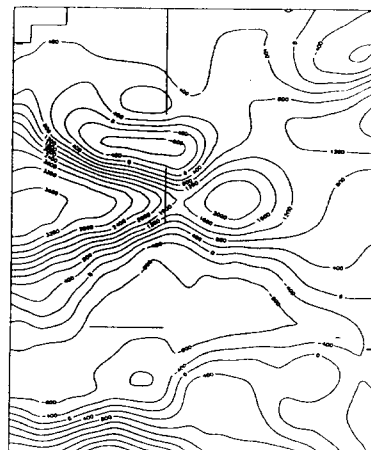


그림 10 공사중의 계산결과

### 3.4 현장실측치와의 비교

현장실측에 의해 얻어진 최종 세굴량분포와 본 모형의 수치모의계산에 의해 얻어진 계산결과는 각기 그림 11과 12와 같다. 관측치의 결여로 인해 소규모 지역에 국한되긴 하였으나 두 결과는 비교적 잘 일치하고 있음을 보여준다.

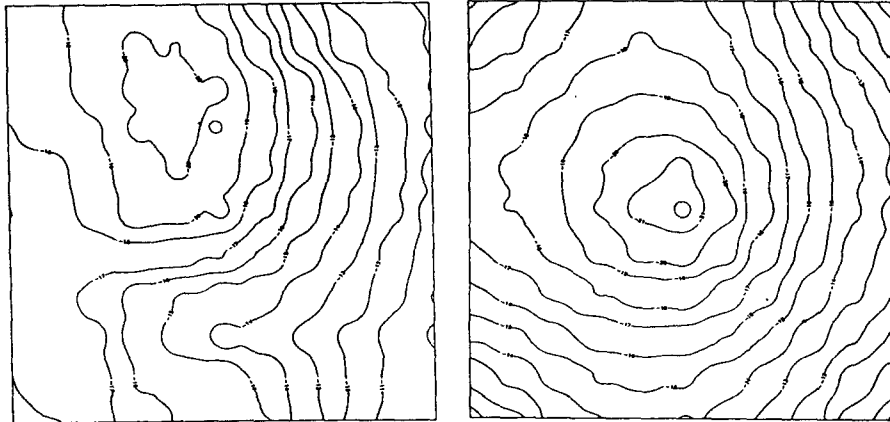


그림 11 실측치

그림 12 계산치

### 4. 결론

서해대교 주변해역에 대한 조류유동 수치시물레이션 결과, 호안공사중 체질이 완료되지 않은 상태에서 체절예정 구간의 유속은 호안공사이전의 유속에 비해 2배이상 큰 것으로 나타났다. 따라서 실제 세굴이 발생한 서해대교교각(PY2)주위는 체절예정 구간 바로 전면에 해당하므로 교각(PY2)주위의 세굴은 체절 예정구간의 유속증가 현상에 기인한 것으로 보여지며 세굴량은 표사이동(부니유동)시물레이션을 실시한 결과  $112,572\text{m}^3$ 로서 약  $115,000\text{m}^3$ 내외로 추정된다. 이것은 실제 현장관측결과에서 얻어진 실측치와 비교했을 경우 꽤 일치도가 높음을 알 수 있다.

수치모형 실험결과는 수치계산을 위해 비교적 단순화된 설정조건 및 가정하에서 얻어진 것이므로 보다 신뢰성 높은 결과를 얻기 위해서는 수리모형실험 및 장기간의 현장관측등이 아울러 수행되어야 할 것으로 생각된다.

### 5. 참고문헌

인천항 건설사무소, 1991, 아산(평택)항 항로매몰 방지대책 조사 보고서.

Benque, J. P. et al, 1982, "New Method for Tidal Current computation", Proc., ASCE, Vol. 108, No. WW3, pp 396~417.

Owen M. W. and Odd N. V. M., 1972, "A Two-layer Model of Mud Transport in Thames Estuary", Proc. of the Institution of Civil Engineers.

海田輝之 等, 1988, 柔らかい底泥の巻き上げ過程に関する研究, 土木學會論文集, 第 393號 / II-9, pp. 33-42.