

## 해빈 변형의 단순 수치 모형 A Simple Numerical Model of Beach Topography Change

이 정 렬\*

### 1. 서 론

본 연구에서는 퇴적물 이동에 의한 해빈단면 및 해안선의 변화 형태를 파랑모델이나 순환모델의 도움없이 예측하는 간단한 수치 모델을 제시하는 데 그 목적이 있다. 해안선의 변형에 대한 연구는 그동안 많은 진척되었으며 최근 해빈단면의 변형 모델은 물론 3차원적인 복잡한 해저면에도 적용할 수 있는 복합적인 토사이동 모델이 활발히 개발되고 있다(Watanabe 등, 1986; Wang and Miao, 1992; 과학기술처, 1994). 해빈단면 형상의 변화도 퇴적물에 대한 연속방정식으로부터 예측되어지며 해빈단면에서 관심대상지역은 대체로 향안사구나 해안절벽선으로부터 파동으로 인한 유사활동이 거의 없는 원빈점(보통 바다에서 수심 10m 지점)까지 연장된다.

퇴적물의 이동 형태는 bed load와 suspended load로 분리되어 질 수 있다. 해안 방향으로의 bed load는 주로 점성류에 의해 생기는 바닥면 마찰유속에 의해 일어나고 반면에 해양 방향으로의 suspended load는 파의 쇄파에 의해서 생성되는 강한 와류에 의해 일어난다. 본 연구에서 제시되는 해빈단면 변형 모델(cross-shore bottom elevation change model)은 실험에 의해 정해지는 세계의 파라미터를 갖고 있다. 그들중 두개는 bed load와 suspended load에 의한 퇴적물 이동에 대한 계수이고 나머지 한개는 중력효과에 따른 확산 계수이다.

### 2. 해안선 변형 모델

시간에 따른 해안선의 변화는 해안선에 평행한 방향으로의 퇴적물 이동량에 의해 나타내어진다고 할때 다음과 같은 등식이 성립할 것이다.

$$\Delta t(Q(x) - Q(x + \Delta x)) = (y(t + \Delta t) - y(t))(h_* + B)\Delta x \quad (1)$$

Taylor Series에 의해  $\Delta x$ 와  $\Delta t$ 가 매우 작다면 윗식은 다음과 같이 얻어진다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(h_* + B)} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

여기서  $h_*$ 는 closure의 깊이이고 B는 berm의 높이이다. 그리고 Q는 Fig.1 에서와 같이 해안선에 평행으로 이송되는 퇴적물 이동량으로 다음과 같이 주어진다.

$$Q = \frac{K\rho H_b^{5/2} \sqrt{g/k} \sin 2(\alpha_b - \beta)}{16(\rho_s - \rho)(1 - p)} \quad (3)$$

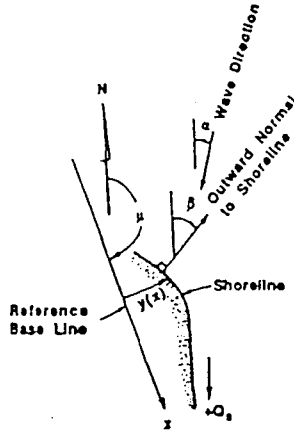


Fig. 1. Schematic diagram for shore-line change model

여기서  $(\alpha_b - \beta)$  는 해안선에 직각인 방향과 쇄파점(breaking point)에서의 파의 방향과의 각도를 나타낸다.

### 3. 해변 단면 변형 모델

퇴적물 이동에 의한 연속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q_y}{\partial y} \quad (4)$$

퇴적물 이동이 흐름에 비례한다면 퇴적물 이동량  $q_y$ 는 마찰항과 흐름에 의한 항으로 표현된다.

$$q_y = \frac{A_b(\tau_b - \tau_\sigma)}{\rho g} + \frac{A_t(\tau_t - \tau_\sigma)\bar{v}}{\rho g} + K \frac{\partial h}{\partial y} \quad (5)$$

여기서,  $A_b$ 와  $A_t$ 는 실험에 의해 얻어진 무차원계수이고  $\tau_\sigma$ 는 퇴적물이 움직일수 있는 한계 마찰응력이다.  $\rho$ 는 물의 밀도이고  $g$ 는 중력가속도이다. 확산계수  $K$ 는 퇴적물 이동량의 단위를 가지며  $y$ 축은 바다쪽 방향이다.

퇴적물 이동은 bed load형과 suspended load형으로 분리되어 질 수 있다. 바다면 가까이로 흐르는 유속에 의한 바다면 마찰은 bed load를 일으키는 반면 쇄파에 의한 난류마찰응력은 suspended load를 일으킨다. Longuet-Higgins에 의한 바닥마찰은 다음과 같이 표현된다.

$$\tau_b = \rho F |u_{orb}| v_b \quad (6)$$

그리고 난류항효과를 포함하고 있는 난류마찰응력은 다음과 같다.

$$\tau_t = \rho F |u_{orb}| \bar{v} \quad (7)$$

여기서  $F$ 는 마찰계수,  $u_{orb}$ 는 orbital velocity의 절대값,  $v_b$ 는 바닥속도이고  $\bar{v}$ 는 undertow의 평균속도이다. 바닥마찰은 해안선쪽으로 작용하고, 바닥면 가까이에서 마찰응력은 바닥면과는 반대로 바다쪽으로 향한다.

천해에서  $u_{orb}$ ,  $v_b$ ,  $\bar{v}$ 는 다음과 같이 근사된다.

$$|u_{orb}| = \cos(\alpha - \beta) \frac{gH}{2\sqrt{gd}} \quad (8)$$

$$v_b = v_{st} + v_{tb} = -\frac{1}{16} \cos(\alpha - \beta) \sqrt{gd} \left(\frac{H}{d}\right)^2 \quad (9)$$

$$\bar{v} = -\frac{M}{d} = \frac{1}{8} \cos(\alpha - \beta) \sqrt{gd} \left(\frac{H}{d}\right)^2 \quad (10)$$

여기서  $v_{st}$ 는 streaming velocity로 해안선 진척을 일으키는 외력으로 작용하며,  $v_{tb}$ 는 수심 평균된 undertow로 주어지는, 난류로 인해 부유이동되는 토사와 관련된 유속으로 연안사주를 생성하는 요인으로 작용한다.  $\rho M$ 은 mass flux이고  $(\alpha - \beta)$ 는 해안선에 직각인 방향과 파의 방향과의 각도를 나타낸다. 쇄파대에서의 파고는 Miche's기준에 의해 가정되었고 쇄파되기 전의 파고는 일정하게 가정하였다. 쇄파대에서의 파고는 또한 해안쪽으로 갈수록 증가하지는 않는다고 가정하였다. 해안선이 퇴적되는 경우의 해빈다면 변형 모델의 결과가 그림 2에서 Large Wave Tank(LWT)실험자료와 비교되었으며 해안선이 진척되는 경우는 그림 3에서 비교되었다.

#### 4. 준 3차원적 퇴적물 이동 모델

3차원 퇴적물 이동모델의 지배방정식은 확산방정식에서 얻어진 평행방향 이동량과 횡방향 이동량의 합으로서 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \quad (11)$$

여기서  $q_y$ 는 앞의 (5)식과 같은 값이고  $\partial q_x / \partial x$ 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} = \frac{1}{m(B+h_*)} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (12)$$

여기서  $Q$ 는 (3)식에서 주어졌으며  $m$ 은 해빈 경사이다. 위의 식들은 FDM을 사용하여 풀었다.

격자체계는  $40 \times 30$ 이고 격자간격은 500m, 10m이며  $\Delta t$ 는 360초의 조건을 가지고 그림 4과 같이 평형(equilibrium)상태의 해빈형상에 양빈된 경우를 초기해빈으로 수치 실험을 행한 결과를 그림 5에 제시한다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

해빈의 변형을 다루는 경우, 정선에 직각인 방향의 변형과, 정선에 평행인 방향의 변형을 별개로 생각하는 것이 보통이다. 정선에 직각인 방향의 변형은 계절적인 변화이며, 따라서 1년을 경과하면 거의 원래의 상태로 되돌아간다고 생각해도 좋다. 이에 대해서 해빈의 침식이나 퇴적은, 정선에 평행하게 이동하는 연안 표사량이 극지적으로 똑같지 않음에 기인한다고 생각할 수 있다. 이에 따라 이번 연구에서는 해빈의 변형을 해안선에 평행인 방향을 근간으로 하고 해안선에 직각인 방향으로 해빈 단면의 변형을 보정하는 방법을 택했다. 그러나 이러한 방법은 최절효과를 반영해야 하는 방파제 후면의 해빈 변형에는 적절치 못하므로 그런 경우에 근사적이거나 보정하는 방법을 모색 중이다.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 400; 1HR)

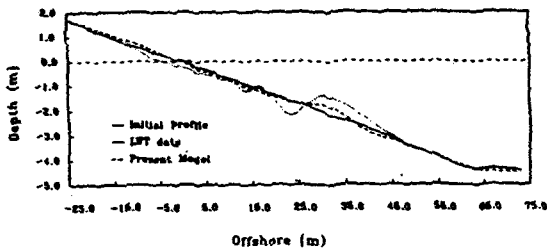


Figure 2a. Comparison with Case 400 for one hour observation.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 400; 5HRS)

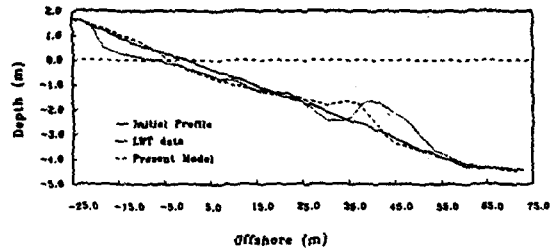


Figure 2b. Comparison with Case 400 for 5 hours observation.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 400; 30HRS)

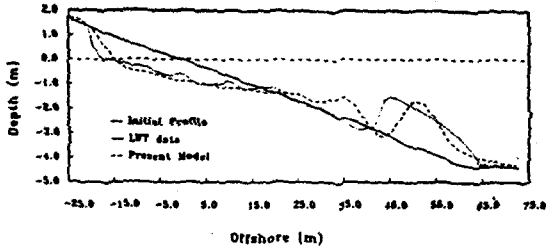


Figure 2d. Comparison with Case 400 for 30 hours observation.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 400; 15HRS)

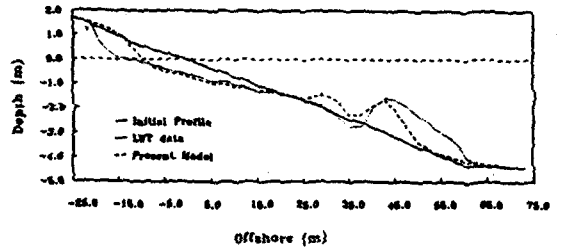


Figure 2c. Comparison with Case 400 for 15 hours observation.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 701; 1HR)

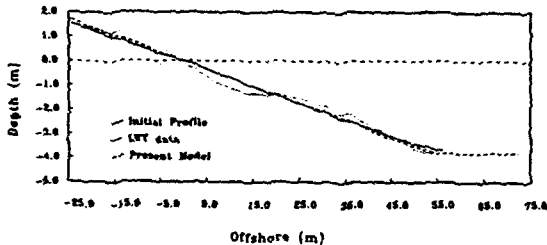


Figure 3a. Comparison with Case 701 for one hour observation.

COMPARISON WITH LWT DATA (CASE 701; 5HRS)

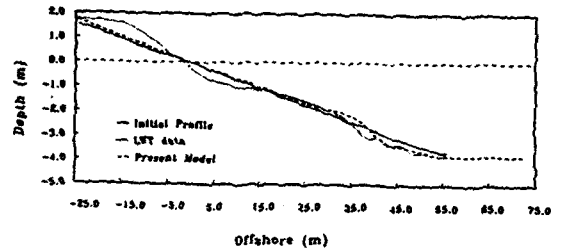


Figure 3b. Comparison with Case 701 for 5 hours observation.

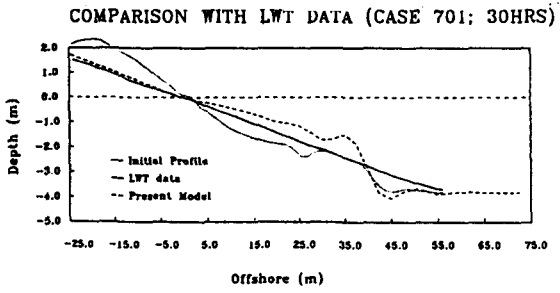


Figure 3d. Comparison with Case 701 for 30 hours observation.

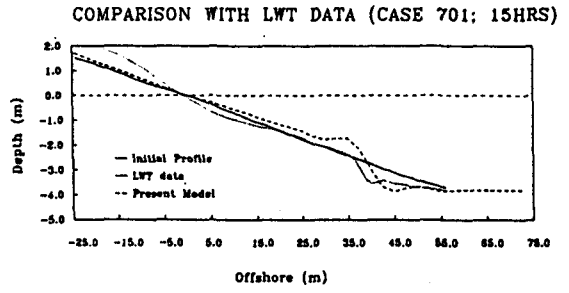


Figure 3c. Comparison with Case 701 for 15 hours observation.

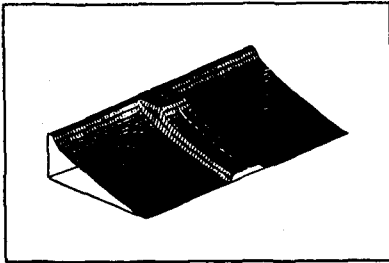


Fig. 4. Initial bottom topography

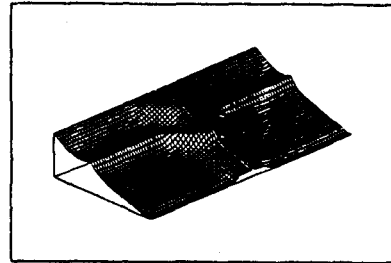


Fig. 5. bottom topography change after 30hrs.