

## 폭풍에 의해 발생하는 해빈침식에 대한 수치해석 Numerical Analysis of Beach Erosion Due to Severe Storms

조원철\* · 표순보\*

Won Chul Cho\* and Soon Bo Pyo\*

**요 旨** : 폭풍발생에 따른 해안중단방향의 표사이동은 경빈과 사구의 침식, 연안사주의 생성등 해안단면변화에 있어 주요한 요인의 하나로 알려져 있다. 그러나 폭풍발생에 따른 표사이동은 표사의 입경, 수면상승높이, 쇄파고 등 많은 요소들에 의해 복합적으로 작용하기 때문에 현재에도 정확한 예측이 어려운 실정이다. 본 논문에서는 해안단면에서의 평형에너지소산개념과 표사량 예측에 있어 주요한 요소인 표사량 파라미터를 차원해석을 통하여 변수화하고 수치모델에 도입하여 폭풍발생에 따른 해안중단방향의 해안단면변화와 해빈침식에 대하여 분석하여 보았다. 해안중단방향의 해빈침식은 단면형상 파라미터, 표사량 파라미터, 수면상승높이에 의해 크게 영향을 받음을 알 수 있다.

**핵심용어** : 평형에너지소산, 표사량 파라미터, 수면상승높이, 쇄파고

**Abstract** □ A numerical model is applied for predicting two-dimensional beach and dune erosion during severe storms. The model uses equation of sediment continuity and dynamic equation, governing the on-offshore sediment transport due to a disequilibrium of wave energy dissipation. And the model also uses sediment transport rate parameter  $K$  from dimensional analysis instead of that recommended by Kriebel. During a storm, a beach profile evolves to a form where the depth at the surf zone is related to the distance seaward of the waterline. In general, the erosion in the beach profile is found to be sensitive to equilibrium profile parameter, sediment transport rate parameter, storm surge level and breaking wave height.

**Keywords** : equilibrium energy dissipation, sediment transport rate parameter, storm surge level, breaking wave height

### 1. 서 론

우리가 접할 수 있는 해안선의 모양은 시간과 지역에 따라 매우 다양하게 변화한다. 이러한 해안변형과정은 해안공학자들에게 매우 중요한 관심의 대상이 되어 왔으며, 현재에도 지속적으로 연구되어 오고 있다.

이러한 해안변형은 주로 연안표사이동(longshore sediment transport)과 해안중단표사이동(cross-shore sediment transport)에 의해 발생되며, 현재 많은 연구와 노력에도 불구하고 표사이동에 대한 물리적인 과정에 대한 이해가 충분히 확립되어 있지 못하고 있기 때문에 해안변형을 정확하게 예측하는데 만족스러운 결과를 얻지 못

하고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 해안변형과정을 거시적인 측면, 즉 복잡한 해안지면을 단순화시켜 크게 변화된 요소만을 고려하여 해안변형과정을 예측하는 연구가 많이 시도되고 있다.

해안중단방향의 해안변형에 대한 연구는 Brunn(1954)에 의해 처음으로 시도되었으며, Dean(1977)은 대서양과 걸프만 해안을 500회 이상 관측하여 해안의 평형상태개념을 도입함으로써 해안변형과정을 예측하는데 상당한 발전을 가져왔다. 그후 Kriebel and Dean(1985)은 에너지소산방정식을 이용하여 거시적으로 해안중단방향 표사이동을 예측하는 유한차분모델을 개발하였으며, 이 모델에 의한 수치해석 결과를 1977년 Hurricane Eloise에

의해 발생된 해빈침식의 현장관측치와 비교함으로써 수치모델의 신뢰성을 입증하였다. 현재에도 많은 연구기관에서 더욱 정확한 해안변형과정을 예측할 수 있는 수치모델을 개발하기 위하여 활발히 연구를 진행하고 있다.

본 논문에서는 해안중단방향의 표사량을 예측하는데 있어 중요한 역할을 하는 표사량 파라미터(sediment transport rate parameter)  $K$ 를 Kriebel이 상수로 제시한  $K$  대신에 차원해석을 통하여 수심 또는 쇄파고에 따라 변하는 변수로 나타내고, 폭풍발생에 따른 해안중단방향의 해안변형 및 해빈침식과정을 분석하여 Kriebel의 수치모델 결과와 비교하여 보았다.

폭풍으로 인한 해안중단방향의 해안변형과 해빈침식에 대한 예측은 방파제나 이안제 또는 각종 해안구조물을 계획·설계하는데 있어 기초자료로 활용 될 수 있으며, 해빈침식에 따른 양빈 등의 해안선 변화에 대한 종합적인 대책을 수립하는데 있어서도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 해안형상의 이상화

평형해안형상(Fig. 1)은 표사입경, 파고, 수면상승높이 등에 의해 특징 지어지는 이상화된 형상이다. Bruun (1954)이 처음으로 이 개념을 도입하였으며, Dean(1977)은 대부분의 해안형상들이 식 (1)에 의해 나타나어 질 수 있음을 보여 주었다.

$$h(x) = Ax^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

여기서,  $h$ 는 외해(offshore)거리  $x$ 에 대응하는 수심(m)이고,  $A$ 는 단면형상 파라미터( $m^{1/3}$ )이다.

### 2.2 해안형상 변화의 기본개념

폭풍이 발생하기 전의 해안의 단면형상은 Fig. 2(a)

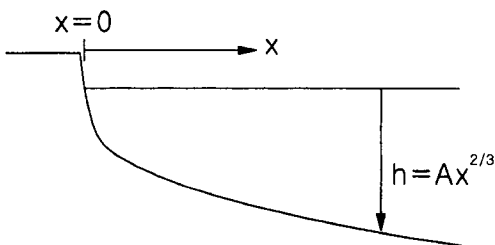
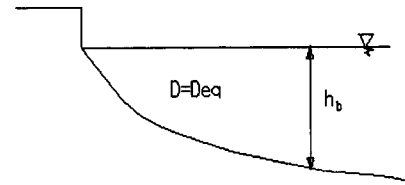


Fig. 1. Equilibrium beach profile.

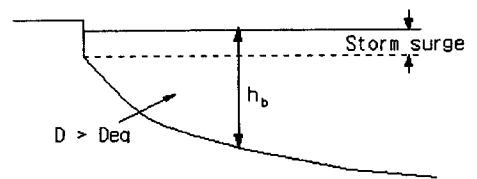
와 같이 단위체적당 에너지소산량의 크기가 일정한 단면을 가지게 되나, 폭풍이 발생하게 됨에 따라 해면수위가 상승하고 파고가 높아짐에 따라 쇄파지점이 Fig. 2(b)와 같이 평형상태에서의 수심보다 해안선에 가까운 지점에서 발생하게 된다. 따라서, 쇄파대내에서의 단위체적당 에너지소산량(wave energy dissipation per unit volume)  $D$ 는 평형상태에서의 단위체적당 에너지소산량(uniform wave energy dissipation per unit volume)  $D_{eq}$ 보다 커지게 되며, 시간이 경과함에 따라 초과된 단위체적당 에너지소산량은 표사를 이동시켜 Fig. 2(c)와 같이 해안단면의 변화를 가져오게 된다.

### 2.3 기본방정식

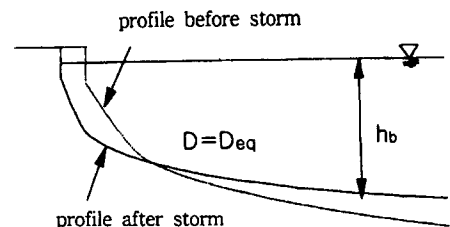
Fig. 2(a), 2(b), 2(c)와 같이 시간이 경과함에 따라 해안단면은 새로운 평형상태로 접근하게 되고 해안중단방



(a) Equilibrium beach profile before storm



(b) Beach profile during storm



(c) Equilibrium beach profile after storm

Fig. 2. Beach profile response to equilibrium based on energy dissipation mechanism.

향의 표사량(sediment transport rate)  $Q$ 는 쇄파대내에서의 단위체적당 초과 에너지소산에 의해 발생하며, 선형 파이론에 의해 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Q=K(D-D_{eq}) \quad (2)$$

여기서,  $K$ 는 표사량 파라미터( $m^4/N$ )이고,  $D, D_{eq}$ 는 단위체적당 에너지소산량 및 평형에너지소산( $N/m^2 \cdot sec$ )이다.

식 (2)는 Bakker(1968), Swart(1974), 그리고 Perlin and Dean(1983)이 제시한 식과 유사하며, 이 식으로부터 실제 단면과 평형상태의 단면에 대한 에너지소산량의 차이를 구하고 해안중단방향의 표사량을 구할 수 있다.

Kriebel(1986)은 해빈침식에 대한 수치해석에서  $K$ 의 값을  $7.75 \times 10^{-6} \sim 9.68 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 인 상수를 사용하였으며, 그의 수치해석 결과가 현장 관측치와 잘 일치하고 있음을 보여 주었으나, 그가 사용한  $K$ 의 값은 표사입경 또는 길이의 차원을 가진 변수에 따라 달라질 수 있다고 하였다. Larson(1989) 등은  $K$ 의 값이 일정한 상수가 아니라 표사입경, 유체의 단위중량, 쇄파대에 따라 변한다고 보고 있다. Kriebel의 연구에서 나타난 바와 같이 일반적으로 해안중단방향 표사이동은 수면상승높이에 따라 크게 좌우되므로 본 연구에서는 유체의 밀도, 중력가속도, 그리고 수면상승에 따라 변하는 수심을 변수로 차원해석을 하여 식 (3)과 같은 관계식을 도출하여  $K$ 의 값을 변수화하였다.

$$K=\alpha \frac{h}{\rho g} \quad (3)$$

여기서,  $\rho$ 는 유체의 밀도( $kg/m^3$ ),  $g$ 는 중력가속도( $m/sec^2$ ),  $\alpha$ 는 무차원 보정계수이다.

또한 쇄파고가 수심에 비례한다고 가정하면 쇄파고  $H$ 는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있고,

$$H=\gamma h \quad (4)$$

여기서,  $\gamma$ 는 무차원 쇄파상수( $=0.78$ )이다.

식 (3)과 (4)에서부터

$$K=\alpha \frac{H}{\gamma \rho g} \quad (5)$$

쇄파대에서의 단위체적당 에너지소산량을 미분방정식의 형태로 나타내면 식 (6)과 같으며,

$$D=\frac{1}{h} \frac{\partial P}{\partial x} \quad (6)$$

여기서,  $P$ 는 파의 에너지플럭스(wave energy flux)(Joule/ $m \cdot sec$ )를 나타내며 식 (7)과 같다.

$$P=EC_g \quad (7)$$

여기서,  $E$ 는 파랑에너지밀도( $N/m$ )이고  $C_g$ 는 파의 군속도( $m/sec$ )이다.

천해에서의 파랑에너지밀도와 군속도를 식 (7)에 대입하면 식 (8)과 같이 되고,

$$P=\frac{1}{8} \rho g H^2 (gh)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

식 (4)와 (8)을 식 (6)에 대입하면 식 (9)가 된다.

$$D=\frac{5}{16} \rho g^{\frac{3}{2}} \gamma^2 h^{\frac{1}{2}} \frac{\partial h}{\partial x} \quad (9)$$

단위폭당 에너지소산이 일정한 상태에 있다고 가정하고, 식 (9)에  $D$ 대신 평형에너지소산량  $D_{eq}$ 를 대입한 후, 수심  $h$ 를 외해거리  $x$ 에 대해 적분하면 식 (10)과 같이 되며,

$$h=\left[ \frac{24}{5} \frac{D_{eq}}{\rho g^{\frac{3}{2}} \gamma^2} \right]^{\frac{2}{3}} x^{\frac{2}{3}} \quad (10)$$

쇄파대에서의 평형에너지소산식은 식 (1)을 식 (10)에 대입함으로써 식 (11)과 같이 얻을 수 있다.

$$D_{eq}=\frac{5}{24} \rho \gamma^2 g^{\frac{3}{2}} A^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

### 3. 수치해석 및 경계조건

#### 3.1 수치해석

본 모델에서는 시간에 따라 변화하는 해안단면의 형상을 구하기 위하여 식 (12)와 같은 연속방정식을 이용한 유한차분법을 사용하였다.

$$\frac{\partial x}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial h} \quad (12)$$

유한차분법을 적용하기 위하여 쇄파대의 수직방향을 미소구간  $\Delta h$ 로 나누고 해안중단방향의 거리를  $x$ 로 표시하였다(Fig. 3).

에너지소산량  $D$ 와 표사량  $Q$ 는 해저면의 경사와 수

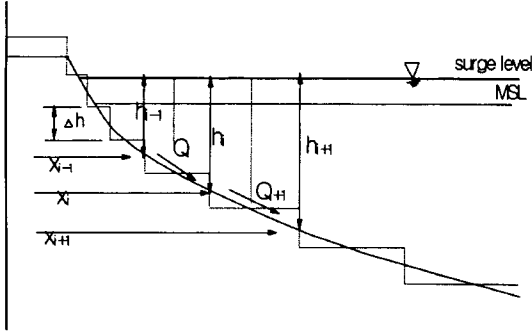


Fig. 3. Numerical representation of beach profile.

심에 따라 변하므로 각 셀(cell)에서의 변화율은 인접셀과는 다른 값을 가지게 된다. 즉 식 (12)를 차분의 형태로 쓰면 식 (13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta t} = -\frac{\bar{Q}_{i+1} - \bar{Q}_i}{\Delta h} \quad (13)$$

식 (2)를 차분의 형태로 나타내면 식 (14)와 식 (15)와 같이 나타낼 수 있으며,

$$\bar{Q}_i = K_i (\bar{D}_i - D_{eq}) \quad (14)$$

$$\bar{Q}_{i+1} = K_i (\bar{D}_{i+1} - D_{eq}) \quad (15)$$

여기서,  $K_i = \alpha H_i / \gamma \rho g$ 이다.

식 (14)와 식 (15)의 관계를 식 (13)에 대입하면 식 (16)과 같다.

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta t} = \frac{K_i}{\Delta h} (\bar{D}_i - \bar{D}_{i+1}) \quad (16)$$

한편, 식 (6)의 관계로부터  $\bar{D}_{i+1}$ 은 식 (17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{D}_{i+1} = \frac{P_{i+1} - P_i}{h_{i+1/2} (x_{i+1} - x_i)} \quad (17)$$

여기서,  $h_{i+1/2} = (h_i + h_{i+1})/2$ 이다.

$\Delta t$  동안의  $i$ 점의  $x$ 좌표의 변화량을  $\Delta x_i$ 라 하면  $\bar{x}_i$ 의 값은 식 (18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{x}_i = x_i + \frac{\Delta x_i}{2} \quad (18)$$

식 (8)은 식 (19)와 (20)과 같이 나타낼 수 있으며,

$$P_{i+1} = \frac{1}{8} \rho g \frac{3}{2} \gamma^2 h_{i+1}^2 \quad (19)$$

$$P_i = \frac{1}{8} \rho g \frac{3}{2} \gamma^2 h_i^2 \quad (20)$$

식 (19)와 (20)을 식 (17)에 대입하면 식 (21)이 된다.

$$\bar{D}_{i+1} = \beta \left[ \frac{h_{i+1}^2 - h_i^2}{0.5(h_{i+1} + h_i)(x_{i+1} - x_i)} \right] \quad (21)$$

같은 방법으로  $\bar{D}_i$ 를 구하면 식 (22)와 같이 되며,

$$\bar{D}_i = \beta \left[ \frac{h_i^2 - h_{i-1}^2}{0.5(h_i + h_{i-1})(x_i - x_{i-1})} \right] \quad (22)$$

여기서,  $\beta = \rho g \frac{3}{2} \gamma^2 / 8$ 이다.

이러한 관계식으로부터  $x$ 방향의 변형량을 구하면 식 (23)과 같이 되고,

$$\Delta x_i = 2K_i \delta \left[ \frac{D_i}{(x_i - x_{i-1})} \left( \bar{x}_i - \frac{1}{2} \Delta x_i - \bar{x}_{i-1} + \frac{1}{2} \Delta x_{i-1} \right) \right] - \frac{D_{i+1}}{(x_{i+1} - x_i)} \left( \bar{x}_{i+1} - \frac{1}{2} \Delta x_{i-1} - \bar{x}_i + \frac{1}{2} \Delta x_i \right) \quad (23)$$

여기서,  $\delta = \Delta t / 2\Delta h$ 이다.

식 (23)을 정리하면 다음과 같은 3대각 행렬 형태의 방정식인 식 (24)를 얻을 수 있다.

$$A_i \Delta x_{i-1} + B_i \Delta x_i + C_i \Delta x_{i+1} = Z_i \quad (24)$$

여기서,  $A_i = -K_i \delta D_i / (x_i - x_{i-1})$ ,  $B_i = 1 + K_i \delta D_i / (x_i - x_{i-1}) + K_i \delta D_{i+1} / (x_{i+1} - x_i)$ ,  $C_i = -K_i \delta D_{i+1} / (x_{i+1} - x_i)$ ,  $Z_i = -2\delta (Q_{i+1} - Q_i)$ 이다.

또한, 인접한 두 점에서의 관계식을 선형회귀공식을 이용하여 해석하면 식 (25)와 같이 되며,

$$\Delta x_{i-1} = E_i \Delta x_i + F_i \quad (25)$$

여기서,  $E_i$ 와  $F_i$ 는 인접한 두 점의 변화량에 대한 상관계수이다.

식 (25)를 식 (24)에 대입하면 식 (26)이 되며,

$$\Delta x_i = \frac{-C_i}{A_i E_i + B_i} \Delta x_{i+1} + \frac{Z_i - A_i F_i}{A_i E_i + B_i} \quad (26)$$

또한, 식 (25)에서부터 식 (27), (28), (29)을 구할 수

있다.

$$\Delta x_i = E_{i+1} \Delta x_{i+1} + F_{i+1} \quad (27)$$

$$E_{i+1} = \frac{-C_i}{A_i E_i + B_i} \quad (28)$$

$$F_{i+1} = \frac{Z_i - A_i F_i}{A_i E_i + B_i} \quad (29)$$

### 3.2 경계조건

위의 수치해석을 적용하기 위한 경계조건은 다음과 같다.

i) 쇄파가 발생하는 지점, 즉 외해의 경계점과 파의 처오름(run-up)이 도달하는 지점사이에서만 에너지소산이 발생하므로,

$Q=0, D=0$  : 파의 처오름이 도달하는 지점과 외해의 경계점

ii) 해안에서 수면과 육지가 닿는 지점, 즉 파의 처오름이 도달하는 지점에서는 표사이동이 발생하지 않고, 이때  $Q=0$  이므로,

$$E(1)=0, F(1)=Z_0$$

iii) 외해의 경계점에서는 단면의 변화가 발생하지 않으므로,

$$\Delta X(i_{max})=0$$

## 4. 수치모델의 적용 및 결과 분석

본 연구에서는 미국 Florida 해안의 단면에 대해 해안변형 및 해변침식과정을 차원해석을 통한 표사량 파라미터  $K$ 를 적용하여 분석하고, 이를 통하여 수정된  $K$ 의 적용성에 대해 살펴보았다.

본 수치해석에 사용되는 주요 파라미터로는 단면형상 파라미터(profile shape parameter)  $A$ 와 표사량 파라미터 (sediment transport rate parameter)  $K$ 가 있다. 단면형상 파라미터  $A$ 는 표사입경과 표사의 낙하속도에 의해 결정되어지는 것으로, 본 수치해석에서는 Kriebel의 수치해석에서 사용된  $A=0.124m^{1/3}$ 을 사용하였다. 그리고 표사량 파라미터는 차원해석에 의한  $K$ 를 적용시켰으며, 이로부터 얻어진 결과를 Kriebel의 수치해석에서 사용한  $K=8.66 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 에 의한 수치모델 결과와 비교·고찰하여 보았다.

Fig. 4는 수치해석에 적용된 Florida 해안의 단면이며, Fig. 5는 식 (5)에서의 보정계수  $\alpha=0.014, 0.015, 0.017$  일 때의 누가표사량  $Q_a$ 와 Kriebel이 적용한  $K=8.66 \times 10^{-6}$

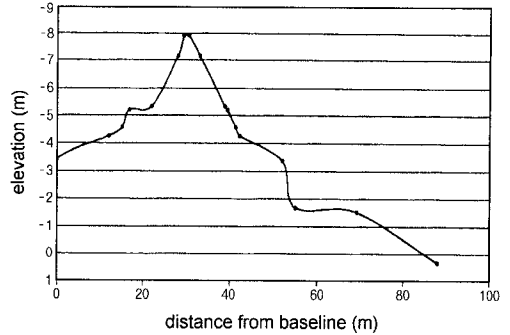


Fig. 4. Measured beach profile before storm.

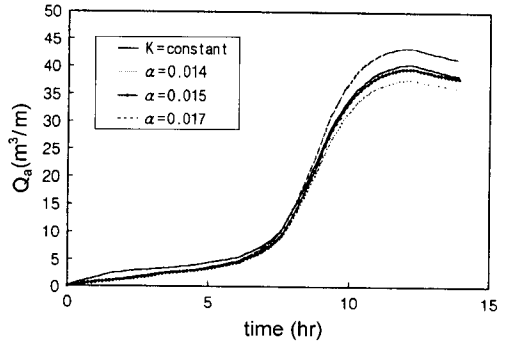


Fig. 5. Accumulated sediment transport rate at  $K=8.66 \times 10^{-6}(m^4/N)$  and  $\alpha=0.014, 0.015, 0.017$ .

$(m^4/N)$ 로 일정할 때의 누가표사량을 비교한 그림이다. 그림과 같이 모든 경우에 있어서 폭풍기간중 누가표사량 곡선은 거의 같은 양상을 나타내고 있으며, 그중 보정계수  $\alpha=0.015$ 일 경우의 곡선이 Kriebel의  $K=8.66 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 에 의한 누가표사량 곡선과 가장 근접한 형태를 보이고 있다. 그러므로  $\alpha$ 가 0.014~0.017인 범위는 Kriebel이 표사량을 예측하는데 일반적으로 적용할 수 있다고 권장하는  $K$ 의 범위인  $7.75 \times 10^{-6} \sim 9.68 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 에 해당한다고 볼 수 있다.

Fig. 6은  $K=8.66 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 으로 일정한 경우와  $\alpha=0.015$ 인 경우의 시간에 따른 표사량  $Q$ 를 비교한 그림이다. 그림에서와 같이 폭풍 초기에 있어서는 표사량에 있어 약간의 차이를 보이거나 시간이 경과함에 따라 거의 근접한 양상을 나타내고 있어,  $\alpha=0.015$ 일 때의 표사량이  $K=8.66 \times 10^{-6}(m^4/N)$ 일 때의 표사량과 근접함을 알 수 있다.

Fig. 7은  $\alpha$ 의 값이 0.015일 경우 시간에 따른 표사량  $Q$ 와 누가표사량  $Q_a$ 를 비교한 그림으로, 시간이 약 12시간이 지난 후에는 시간에 따른 표사량이 음의 부

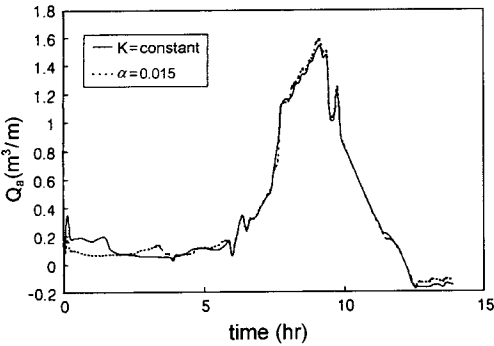


Fig. 6. Comparison of sediment transport rate at  $K=8.66 \times 10^{-6} \text{ (m}^4/\text{N)}$  with that at  $\alpha=0.015$ .

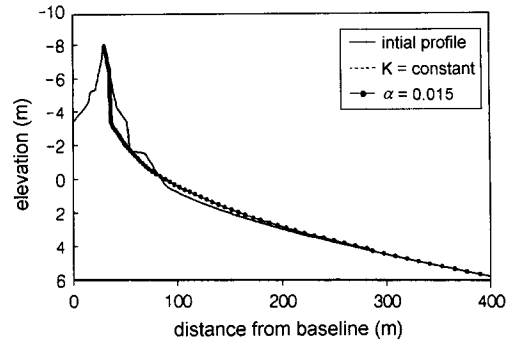


Fig. 8. Beach profile of  $K=8.66 \times 10^{-6} \text{ (m}^4/\text{N)}$  and  $\alpha=0.015$  at  $\text{hr}=12.25$ .

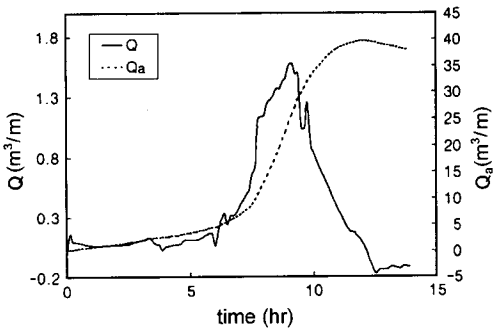


Fig. 7. Accumulated sediment transport rate and sediment transport rate at  $\alpha=0.015$ .

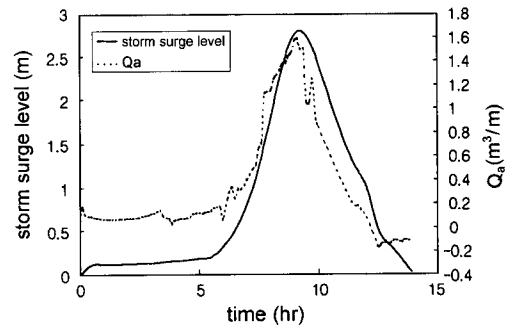


Fig. 9. Storm surge level and sediment transport rate at  $\alpha=0.015$ .

호를 나타내고 있고 누가표사량도 감소하는 경향을 보이는데, 이는 폭풍에 의해 해빈침식이 완료된 후 폭풍 후의 퇴적과정을 나타내고 있는 것으로 볼 수 있다. 그리고 최대 누가표사량은 최대 표사량이 발생하고 약 3 시간 후에 발생하고 있어, 최대 누가표사량은 최대 표사량이 발생하고 어느 정도 시간이 경과한 후에 발생함을 알 수 있다.

Fig. 8은 최대 누가표사량  $Q_a$ 이 발생하는 시점( $\text{hr}=12.25$ )에서의  $K=8.66 \times 10^{-6} \text{ (m}^4/\text{N)}$ 인 경우와  $\alpha=0.015$ 인 경우에 대한 해안단면의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에 나타나 있는 것과 같이 두 경우 모두 해안단면변화가 거의 같아  $K=8.66 \times 10^{-6} \text{ (m}^4/\text{N)}$ 인 경우와  $\alpha=0.015$ 인 경우에 대한 해안침식과정이 거의 같다고 볼 수 있다.

Fig. 9는  $\alpha=0.015$ 일 때 시간에 따른 표사량  $Q$ 와 수면상승높이를 비교한 것이다. 그림에서와 같이 해수면과 표사량 모두  $\text{hr}=6.0$ 에서부터 급격하게 상승하기 시작하여  $\text{hr}=9.25$ 에서 최대치를 보인다. 이러한 점에서 볼 때, 해수면의 상승은 표사량을 증가시키는 주요한 요소임을

알 수 있고, 수면상승높이가 최고에 도달하는 시간에서 최대 해빈침식이 발생함을 알 수 있다.

Fig. 10은  $\alpha=0.015$ 일 때 시간에 따른 누가표사량  $Q_a$ 와 수면상승높이를 비교한 것이다. 그림에서와 같이  $\text{hr}=6.0$ 에서부터 해수면이 급격하게 상승하기 시작하여  $\text{hr}=9.25$ 에서 최대 수면상승높이를 보이나, 누가표사량은

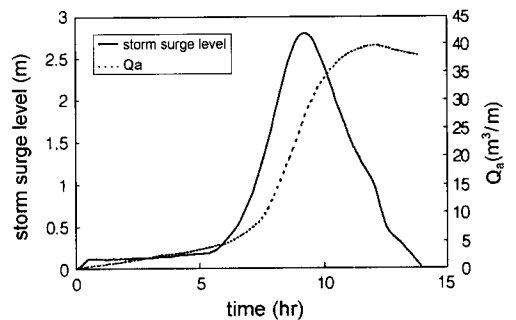


Fig. 10. Storm surge level and accumulated sediment transport rate at  $\alpha=0.015$ .

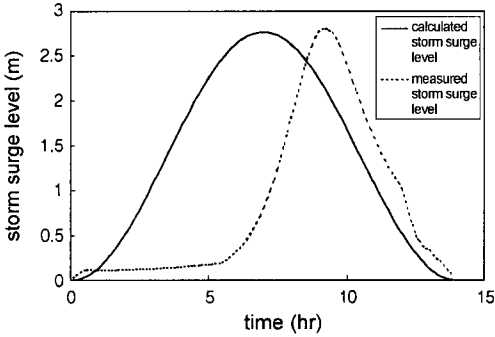


Fig. 11. Measured and sine-squared storm surge level.

이 보다 약 1시간이 지난 hr=7.0에서부터 급격하게 상승하기 시작하여 hr=12.25에서 최대값을 가진다. 이러한 양상은 Fig. 7에서 나타난 양상과 유사하며, 해수면이 급격하게 상승하는 시간과 누가표사량이 급격하게 증가하는 시간까지는 일정한 시간이 소요됨을 알 수 있다. 또한 수면상승높이가 최고에 도달하고 일정한 시간이 경과한 후에 최대 누가표사량이 발생함을 알 수 있다.

Fig. 11은 관측에 의한 수면상승높이와 보간법에 의해 산출된 수면상승높이를 비교한 그림이다. 보간치는 관측에 의한 구체적인 수면상승높이 자료가 확보되어 있지 않을 때 사용되는 방법으로, 관측한 최대 수면상승높이에 대하여 sine square function 보간법을 이용하여 산출한다. 보간법에 의한 수면상승높이는 폭풍발생 시점에서부터 증가하기 시작하여 폭풍기간 전반에 걸쳐 관측에 의한 수면상승높이 보다 높은 수면상승높이를 보인다.

Fig. 12는  $\alpha=0.015$ 일 때, 관측에 의한 수면상승높이와 보간법에 의한 수면상승높이에 대한 표사량  $Q$ 를 비

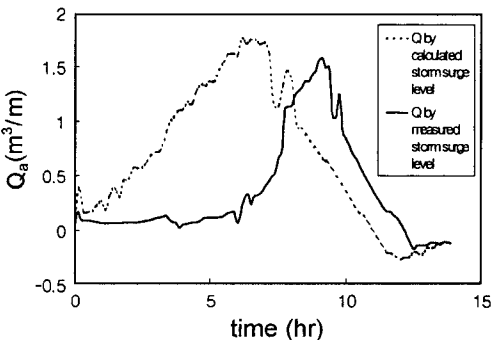


Fig. 12. Comparison of sediment transport rate with input of measured storm surge level with sine-squared storm surge level at  $\alpha=0.015$ .

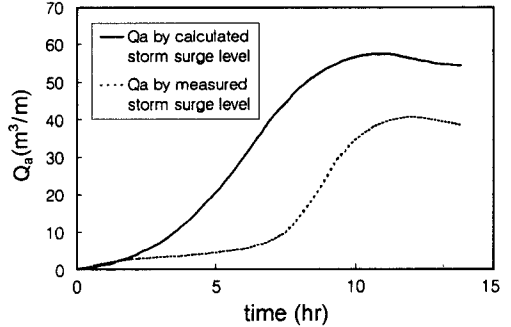


Fig. 13. Comparison of accumulated sediment transport rate with input of measured storm surge level and sine-squared storm surge level at  $\alpha=0.015$ .

교한 그림이다. Fig. 11에서와 같이 보간법에 의한 수면상승높이가 폭풍발생 시점에서부터 증가하는 것과 같이 표사량도 폭풍전반에서부터 크게 발생하고 실제 관측된 수면상승높이에 의한 표사량보다 크게 나타난다. 표사량이 수면상승높이에 의해 크게 좌우된다는 점을 미루어 볼 때, 수면상승높이가 전반적으로 높은 보간값에 의한 표사량이 관측값에 의한 표사량보다 크게 나타나게 된다. 그러므로 보간법에 의해 표사량을 계산할 경우에는 실제 관측된 수면상승높이를 충분히 고려한 후 시도되어야 할 것으로 사료된다.

Fig. 13은  $\alpha=0.015$ 일 때, 관측에 의한 수면상승높이와 보간법에 의한 수면상승높이에 대한 누가표사량  $Q_a$ 를 비교한 그림이다. Fig. 10에서와 같이 관측된 수면상승높이에 의한 누가표사량은 hr=6.0 이후부터 급격하게 증가하고 있으나, 보간법의 수면상승높이에 대한 누가표사량은 폭풍발생 시점에서부터 증가하기 시작하여 폭풍기간 전반에 걸쳐 관측된 수면상승높이에 의한 누가표사량보다 크게 나타나고 있다.

## 5. 결 론

폭풍발생에 따른 해빈침식 및 해안단면변화에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 단면형상 파라미터  $A$ , 표사량 파라미터  $K$ , 그리고 수면상승높이이다. 단면형상 파라미터는 실제 해안과 그 해안에서의 표사입경 및 표사의 낙하속도 등에 의해 값이 근사적으로 결정되어 질 수 있으나, 표사량 파라미터  $K$ 는 실질적으로 모든 해안에 적용할 수 있는 일정한 값이 정해져 있지 않아 해안에 따라 그 값이 모두 다르게 적용될 수밖에 없다. 이러한 이

유로 본 연구에서는 차원해석을 통해  $K$ 의 값을 일정한 범위내에서 변수화하여 구할 수 있는 방법을 모색하여 보았다. 본 연구에서 적용된  $K$ 값에 의한 표사량은 Kriebel 이 실제 해변침식 현장에서 검증한  $K$ 값에 의한 표사량과 비교하여 볼 때 약간의 차이는 있으나 비교적 잘 일치되고 있어, 향후 해변침식과정을 예측하는데 있어 적용가능 할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 1998년도 중앙대학교 교내학술연구비 지원에 의한 연구성과임을 밝히며, 동 학교의 배려에 감사드립니다.

### 참고문헌

- Bakker, W.T., 1968. The dynamics of a coast with a groin system, *Proc. 11th Coastal Engrg. Conf.*, ASCE, London, Chap. 31.
- Brunn, P., 1954. Coast erosion and the development of beach profiles, *Tech. Memor. No. 44*, Beach Erosion Board, CERC, U.S. Army Corps Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Dean, R.G., 1977. Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts, *Ocean Engrg. Rep. No. 12*, Dept. of Civil Engrg., Univ. of Delaware, Newark.
- Kriebel, D.L. and Dean, R.G., 1985. Numerical simulation of time-dependent beach and dune erosion. *Coastal Engrg.*, **9**, pp. 221-245.
- Kriebel, D.L., 1986. Verification study of a dune erosion model. *Shore and Beach*, **54**(3), pp. 13-21.
- Larson, M. and Kraus, N.C., 1989. SBEACH : Numerical model for simulating storm induced beach change. *Tech. Rep. CERC-89-9*, CERC, U.S. Army Corps Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Perlin, M. and Dean, R.G., 1983. A Numerical model to simulate sediment transport in the vicinity of coastal structures, *Tech. Rep. 83-10*, U.S. Army Corps of Engineers, Waterway Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Miss.
- Swart, D. H., 1977. Predictive equations regarding coastal transport, *Proc. 15th Coastal Engrg. Conf.*, ASCE, pp. 1113-1132.

---

Received October 2, 1999

Accepted January 12, 2000