

〈論 文〉

해빈변형 예측 모델의 개발

The Development of a Model to Predict Beach Evolution

安 守 漢* 金 仁 澈**
Ahn, Soo Hahn Kim, In Chul

ABSTRACT

A model is developed to predict the long-term beach evolution near the long groin considering the combined effects of variation of sea level, wave refraction and diffraction.

A numerical solution for this problem is solved by considering the equation as a system subject to the boundary condition for longshore transport rate. One possible method is the centered Crank-Nicolson type implicit scheme.

The results which are obtained by applying this numerical model at Songdo beach, Pohang are as follows. Owing to the approximation used in the calculation of the refraction and diffraction coefficients, the discrepancy between the predicted and actual shoreline occurs to the interior of long groin. However, the shape of shoreline at the exterior of long groins agrees well.

要 旨

돌제 주위의 장기간 해빈변형을 예측하기 위하여 수위의 변동, 파의 굴절과 회절을 고려하여 해석하는 수치적 모델이다.

이러한 문제에 대한 수치해석은 연안표사량에 대한 경계조건을 가지는 방정식을 고려함으로써 해석된다. 해석 방법으로는 음해법 중의 하나인 Crank-Nicolson Scheme을 사용하였다.

이 모델을 현지에 적용시킨 결과, 굴절과 회절계수의 근사해로 인하여 돌제 내부 영역에서는 실측치와 예측치가 차이가 있으나, 돌제 외부 영역에서의 경향은 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

1. 序 論

沿岸域에 방파제등의 구조물이 축조되거나 해안의 주요한 土砂 공급원인 하천에 댐이 건설되면 自然 해빈에 있어서 평형 상태가 붕괴되어 주

변 해빈에 침식이나 퇴적 현상이 생기므로 이러한 문제를 未然에 방지하고 또한 적절한 대책을 강구하기 위하여 해빈지형의 변동을 정량적으로 예측하는 것이 바람직하다.

해빈지형 예측의 가능한 방법으로는, 경험적

* 서울大學校 教授

** 서울大學校 大學院 博士過程

예측방법, 이동상 수리실험에 의한 예측방법 및 수치실험에 의한 예측방법으로 분류될 수 있다. 최근에 들어 수치 simulation에 의한 해빈변형 예측방법이 급속하게 발달해 왔다. 그 배경에는 대형 전산기 보급과 특히 현상의 이론적 기반등, 명확한 문제에 관해서는 수리실험 이상의 精度로 현상이 예측 가능하므로 漂砂 및 해빈변형을 예측하는 분야에 이러한 수치실험 방법의 개발이 요청된다.

해빈변형의 수치모델은 通常 해안선변형 모델과 三次元 해빈변형 모델로 大別된다. 해안선변형 모델은 기본적으로 沿岸漂砂量의 해안선에 따른 分布에서 해안선의 변화에 대표되어지는 해빈변형을 예측하는 方法이고, 대표적 모델은 1-line, 2-line 모델이 제안되었다. 1-line 모델은 1954년에 Pelnard Considare⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾에 의해서 시작되었고, 그 후 Bakker는 1968년에 해빈 단면의 변화를 어느 정도 미지량으로 취급하는 2-line 모델⁽⁹⁾을 발표했고 그 후 Perlin & Dean(1983년)이 n-line 모델을 발표했다. 그리고 해빈 단면 형상을 관측치로부터 얻어진 경험적 고유함수에 의해서 결정하는 방법이 稿本, 宇多⁽¹⁰⁾(1980년)에 의해서 제안되고 있다. 三次元 해빈변형 모델은 대상 해빈 전역에 걸쳐서 波浪과 해빈流場을 계산해서 각점의 漂砂量을 구한 다음, 三次元的 해빈지형의 시간변화를 예측하는 모델이고, 평면三次元, 水深變化 모델이라고 불려지고 있다.

이 두 종류의 모델은 각각 장단점을 가지고 있기 때문에 目的에 따라서 사용을 분리할 필요가 있다. 해안선변형 모델은 실제 현상을 꽤 단순화하고 있기 때문에 局所的인 해빈변형까지는 계산할 수 없고 구조물 배치가 복잡한 경우에도 사용할 수 없다. 반면, 짧은 시간에 결과를 얻을 수 있는 장점이 있고 장기간, 광범위한 해빈변형의 파악에 적합하다. 이것에 비해 三次元 해빈변형 모델은 해저지형의 변화를 계산할 수 있고 적어도 原理的으로 汎用性이 뛰어나지만 계산 소요시간이 전자에 비해 대단히 크게 되므로 장기간 광범위한 해빈변형 예측에 적용하기는 문제가 있

다.

그러므로 本 研究에서는 해안선 장기변형을 예측할 目的으로 LeMehaute and Soldate⁽¹⁰⁾가 개발한 1-line 모델을 수정하여 포항 송도해빈에 적용시켜 보았다.

2. 理論的 배경

2.1 기본 방정식의 유도

Surf zone으로 부터 미소거리에 의하여 경계된 coastal zone을 그림1과 같이 표시한다. Coastal zone의 저면형상을 $z_b=f(x, y, t)$ 로 하고, 해안선은 $y=z_b, z=z_s=z_b(x, y, t)$ 로 대표되어지고 漂砂帶의 外海側 限界는 水深 D_c 로 표시한다.

時間 t 일때 $\Delta x=1, z=0, y=0$ 그리고 함수 z_b 로 둘러싸인 土砂의 체적은

$$V(t) = \int_0^{y_1} z_b(x, y, t) dy$$

이고 dt 동안의 시간변화율은

$$\frac{dV}{dt} = \int_0^{y_1} \left(\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial z_b}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial z_b}{\partial x} \frac{dx}{dt} \right) dy \dots\dots\dots (2-1)$$

이다. 여기서 OX축에 따른 해안선 변화의 속도는 OY축에 따른 변화에 비해 미소하므로 무시될 수 있다.

$$\frac{\partial z_b}{\partial x} \frac{dx}{dt} \ll \frac{\partial z_b}{\partial y} \frac{dy}{dt}$$

여기서 식(2-1)의 각 적분항은 도식화하여 나타낼 수 있다. 즉 그림 2에서 dt 동안의 체적변화는 시간 t 일때의 저면이 경사변화없이 평행이동하여 발생한 변화량 ABFE와 저면경사 변화에 의해 발생한 변화량 AGF의 합으로 볼수 있다.

$$\frac{dV}{dt} = (B+D_c) \frac{\partial y_s}{\partial t} + (y_c - y_b) \frac{dD}{dt} + \frac{1}{2} D_c \frac{\partial S_y}{\partial t} \dots\dots\dots (2-2)$$

이 체적 변화는 해안선변형 모델에서는 沿岸漂砂의 沿岸方向에 따른 變化量으로 치환한다.

즉 coastal zone에서 沿岸方向으로 단위 길이 당 연속방정식을 적용하면 식(2-3)이 된다.

$$[B(x, t) + D_c] \frac{\partial y_s}{\partial t} + (y_c - y_b) \frac{dD}{dt} + \frac{1}{2} \frac{d\Delta y}{dt} = - \frac{\partial Q_s}{\partial x} \dots \dots \dots (2-3)$$

여기서 $d\Delta y = dy_c - dy_b = dS_y$

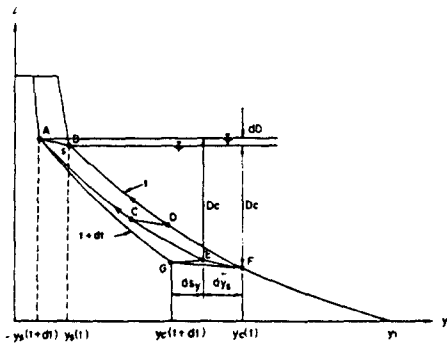


그림 1. Beach profile change. ⁽¹⁰⁾

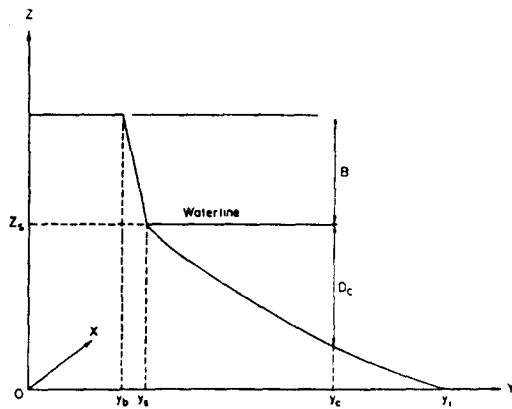


그림 2. Coastal zone. ⁽¹⁰⁾

沿岸漂砂量(Q_s)는 많은 산정식이 제안 되고 있지만 現在 다음 식⁽¹⁰⁾ (CERC)이 널리 쓰이고 있다.

$$Q_s (\text{yard}^3 / y r) = 7500 \left(\frac{y d^3 - s}{l b - y_r} \right) P_{ls} \left(\frac{f t - l b}{f t - s} \right) \dots \dots \dots (2-4 a)$$

$$Q_s (m^3 / y r) = 1290 \left(\frac{m^3 - s}{N - y_r} \right) P_{ls} \left(\frac{J}{m - s} \right) \dots \dots \dots (2-4 b)$$

여기서 P_{ls} 은 파랑 에너지 플럭스의 연안방향 성분으로 아래와 같다.

$$P_{ls} = \frac{\rho g^2}{64 \pi} T (H_0 K_R)^2 s \sin 2\alpha_b$$

여기서, K_R 은 굴절계수, T 는 주기, H_0 는 심해파의 有意波高, α_b 는 해안선에 대한 碎波角, 그리고 ρ 는 해수밀도, g 는 중력가속도이다.

그리고 沿岸漂砂가 이동하는 外海側 한계 수심 (D_c)은 波浪조건에 의존하고 그 中에서도 波高의 영향이 크다. Hallermeir(1983年)는 한계 수심 (D_{sh})을 산정하는 다음 식⁽¹⁶⁾을 제안하였다.

$$D_{SH} = 2.9 H_0 / \sqrt{(\rho_s / \rho) - 1} - 110 H_0^2 / \{ (\rho_s / \rho - 1) g T^2 \} \dots \dots \dots (2-5)$$

여기서, ρ_s, ρ 는 모래 및 해수의 밀도이고 g 는 중력가속도 T 는 주기이다.

2-2 굴절 및 회절 계산

해빈역에서 等深線이 평행하고 해안선의 곡률이 완만하다고 가정하면 굴절계수 K_R 과 碎波角 α_b 는 심해파의 특성 H_0, T, α_0 와 해안선의 각도 $\partial y_s / \partial x$ 로써 결정된다. 해안선에 대한 심해에서의 파봉선의 각 α_0 는 식(2-6)과 같다.

$$\alpha_0 = \alpha - \tan^{-1} (\partial y_s / \partial x) \dots \dots \dots (2-6)$$

α_0 가 50° 이하일때 해안선에 대한 碎波角 α_b 는 Le Mehaute와 Koh(1967年)⁽¹⁰⁾가 제안한 다음 식을 사용한다.

$$\alpha_b \approx z \alpha_0 \quad (z = 0.25 + 5.5 H_0 / L_0) \dots \dots \dots (2-7)$$

여기서 α : 해안선에 대한 심해에서의 파봉선

의 각

$$L_0 : \text{심해에서의 파장} \left(= \frac{gT^2}{2\pi} \right)$$

H_0 : 심해파고

그러므로 굴절계수 K_R 은 식(2-8)이 된다.

$$K_R = \left(\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_b} \right)^{1/2} = \left(\frac{\cos \alpha - \tan^{-1}(\partial y_s / \partial t)}{\cos[(\alpha - \tan^{-1} \partial y_s / \partial x) (0.25 + 5.5 \frac{2\pi H_0}{gT^2})]} \right) \dots \dots \dots (2-8)$$

회절계수는 일정 수심에서의 半無限堤에 대한 Sommerfeld의 해를 이용한 Penny-Price의 方法을 사용하거나 또는 아래와 같은 方法으로 회절계수를 구하였다. Penny-Price의 회절도표에서 geometric shadow의 K_b 값이 0.5~0.6 사이에 위치하므로 여기서는 구조물 선단에서 geometric shadow까지 0~0.55로 선형적으로 변화한다고 가정하고 入射波가 구조물 선단을 지나 geometric shadow에서 α_b 의 각을 형성하면서 진행되는 波向線이 岸側에 교차되는 지점까지는 0.55~1로 선형적으로 변화한다고 가정한다. 여기서 α_b 는 구조물의 길이에 따라 15~45°까지 변화한다. 회절영역에서의 碎波角의 변화는 식(2-7)에 적용될 수 없으므로 Z_b 라는 係數(2)를 도입함으로써 계산될 수 있다. (그림3)

$$Z_{Di} = \frac{\sin(Z_i' \alpha_0)}{\sin(Z \alpha_0)}$$

여기서 Z_{Di} 는 회절영역과 회절의 영향을 받지 않는 격자점에서의 沿岸漂砂量의 比로 값은 0~1까지 변화한다.

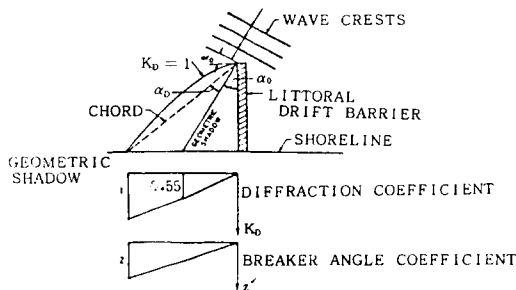


그림 3. 회절의 영향과 碎波角의 變化⁽²⁾

3. 기본식의 수치해석

식(2-3)을 수치해석하기 위하여 이 식을 무차원화 시키면 편리하다. 즉,

$$\hat{L} = \frac{\text{거리}}{B_0 + D_c}$$

$$\hat{t} = \frac{At}{(B_0 + D_c)^3}$$

$$Q_s = \frac{A}{2} K_R^2 K_b^2 \sin 2\alpha_b$$

$$A = 2580 \frac{\rho g^2}{64\pi} TH_0^2$$

이라 놓고 식(2-3)을 정리하면

$$\frac{B + D_c}{B_0 + D_c} \frac{\partial \hat{y}_s}{\partial \hat{t}} + (\hat{y}_c - \hat{y}_b) \frac{d\hat{D}}{d\hat{t}} + \frac{1}{2} \frac{D_c}{B_0 + D_c} \frac{d\hat{D}}{d\hat{t}} = - \frac{\partial}{\partial x} \frac{K_b^2 K_R^2 \sin 2\alpha_b}{2} \dots \dots (3-1)$$

이 된다. 여기서 위의 계산 결과를 다시 次元化할 때까지 \wedge 과 첨자 s를 생략하고, 굴절계수 $K_R^2 = \cos \alpha_0 / \cos \alpha_b$ 를 代入하면 아래와 같다.

$$\frac{B + D_c}{B_0 + D_c} \frac{\partial y}{\partial t} + (y_c - y_b) \frac{dD}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dD_c}{B_0 + D_c} \frac{dD}{dt} = - \frac{\partial}{\partial x} K_b^2 \cos \alpha_0 \sin \alpha_b \dots \dots (3-2)$$

여기서 모든 변수는 무차원이며, Q_s 역시 무차원화 되어 $Q = \cos \alpha_0 \sin \alpha_b$ 이다.

식(3-2)는 해빈변형의 일반적인 방정식이므로 계산하는데 어려움이 따르기 때문에 berm-bluff와 beach slope의 변화가 일정하다고 가정하여 정리하면 식(3-3)이 된다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = - \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{1}{m} \frac{dD}{dt} \dots \dots (3-3)$$

여기서 $y_c - y_b$ 를 次元化시키면

$$\frac{y_c - y_b}{B_0 + D_c} = \frac{1}{m} \quad (m: \text{평균해빈 경사})$$

3.1 기본 방정식의 差分化

식(3-3)에서 굴절만을 고려하는 경우, 해안선에 대한 경계조건을 만족하게끔 해석하면 초기에 질량보존이 없으므로 Q에 대한 경계조건을 가지는 식으로 해석해야 한다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} \dots\dots\dots (3-4)$$

여기서 $Q = \cos \alpha_0 \sin \alpha_b$
 $\alpha_b = f(\alpha_0)$

$$\alpha_0 = \alpha - \tan^{-1} \partial y / \partial x$$

식(3-4)을 x에 대하여 편미분하면

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) = -\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \dots\dots\dots (3-5)$$

이다.

$\alpha_0 = g(Q)$ 이므로, 이를 식(3-5)에 대입하면

$$\frac{\partial}{\partial t} \tan(\alpha_0 - \alpha) = \frac{\partial}{\partial t} \tan[g(Q) - \alpha]$$

$$= \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}$$

이 되고, $\frac{\partial g(Q)}{\partial t} = \cos^2 [g(Q) - \alpha] \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}$ 이다.

그러나, $\frac{\partial g(Q)}{\partial t} = \frac{dg(Q)}{dQ} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right)$ 이므로

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\cos^2 (g(Q) - \alpha)}{dg(Q)/dQ} \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \dots\dots (3-6)$$

이 된다. 그러나 α_0 가 41° 이상일때는 함수 g(Q)의 값이 하나 이상 존재하므로(Le Mehaute and Soldate, 1980年) 식(3-6)의 우변을 변환한다.

$$\cos^2 \{g(Q) - \alpha\} = \frac{1}{1 + (\partial y / \partial x)^2}$$

이고, $dg(Q)/dQ = d\alpha_0/dQ$ 이므로 식(3-6)은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{dQ}{d\alpha_0} \frac{1}{1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2} \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}$$

..... (3-7b7a)

식(3-7a)을 선형화시키면 식(3-7b)가 된다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = L(t, x) \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \dots\dots\dots (3-7b)$$

여기서

$$L(t, x) = \frac{(z \cos \alpha_0 \cos z \alpha_0 - \sin \alpha_0 \sin z \alpha_0)}{1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2}$$

이 식을 Crank-Nicolson scheme으로 差分化하여 數直積分한다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \Big|_{t=n+\frac{1}{2}} = \frac{Q_i^{n+1} - Q_i^n}{\Delta t}$$

$$\frac{Q_i^{n+1} - Q_i^n}{\Delta t} = \frac{1}{2} \left(L \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \Big|^{n+1} + L \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \Big| ^n \right)$$

..... (3-8)

여기서, $\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = \frac{Q_{i+1}^n - 2Q_i^n + Q_{i-1}^n}{\Delta x^2}$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \Big|_{x=i}^{t=n+\frac{1}{2}} = \frac{Q_{i-1}^{n+1} - 2Q_i^{n+1} + Q_{i+1}^{n+1}}{\Delta x^2}$$

이고, i는 space grid point이고 n은 time grid point이다. 식(3-8)에서 $L_i^{n+1} = L_i^n$ 로 근사시키고 $\lambda = \Delta t / \Delta x^2$ 로 취하면 다음과 같이 간편화시킬수 있다.

$$a_i Q_{i-1}^{n+1} + b_i Q_i^{n+1} + c_i Q_{i+1}^{n+1} = d_i \dots\dots\dots (3-9)$$

여기서, $a_i = c_i = -L_i^{n+1}$

$$b_i = \frac{\lambda}{2} + 2L_i^{n+1}$$

$$d_i = \frac{2}{\lambda} Q_i^n + L_i^n (Q_{i+1}^n - 2Q_i^n + Q_{i-1}^n)$$

식(3-9)을 matrix 형태로 나타내면 Tridigonal matrix로 표현될 수 있다. 이 matrix는 Thomas alogrithm⁽¹¹⁾⁽¹³⁾을 이용하여 해석한다. t + Δt 시각에서의 해안선 변형은 식(3-4)을 다음과 같이 差分化한다.

$$y_i^{n+1} = y_i^n - \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \Big|^{n+1} + \frac{\partial Q}{\partial x} \Big| ^n \right) \dots\dots (3-10)$$

여기서

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \Big| ^n = \frac{Q_{i+1}^n - Q_{i-1}^n}{2\Delta x}, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} \Big|^{n+1} = \frac{Q_{i+1}^{n+1} - Q_{i-1}^{n+1}}{2\Delta x}$$

식(3-9)에서 Q_i^{n+1} 가 i=N2, N2-1.....1의 순서로 계산한 후 식(3-10)에 代入하여 (t+Δt)시각에서의 해안선 변형을 구한다. 다음, 水位의 變

화와 회절까지 고려하는 경우에는 식(3-3)은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} K_b^2 \cos \alpha_0 \sin \alpha_b - \frac{1}{m} \frac{dD}{dt} \dots\dots\dots (3-11)$$

여기서, $\tilde{Q} = K_b^2 Q$ 로 놓고, $2K_b \frac{\partial K_b}{\partial t} Q$ 와 $\frac{\partial \alpha}{\partial t}$ 를 무시하여 굴절만 고려하는 경우와 같은 절차로 정리하면 식(3-12), 식(3-13)이 되고 이 식들은 앞의 方法과 같이 數值積分한다.

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial t} = \frac{dQ}{d\alpha_0} \left(\frac{K_b^2}{1 + (\partial y / \partial x)^2} \right) \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \dots (3-12)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial x} - \frac{1}{m} \frac{dD}{dt} \dots\dots\dots (3-13)$$

3.2 경계조건

돌제가 해안선 변화에 영향을 미칠 수 없는 계산영역 양측과 돌제에서의 경계조건을 設定할 필요가 있다. (그림4) 海岸漂砂量 Q에 대한 경계조건은 $\alpha > 0$ 일 경우 아래와 같다.

$x = N1$ 에서 $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$
 $x = N1 + 1$ 에서 $Q = 0$
 $x = 1, N2$ 에서 $Q = \cos \alpha \sin \alpha_b$

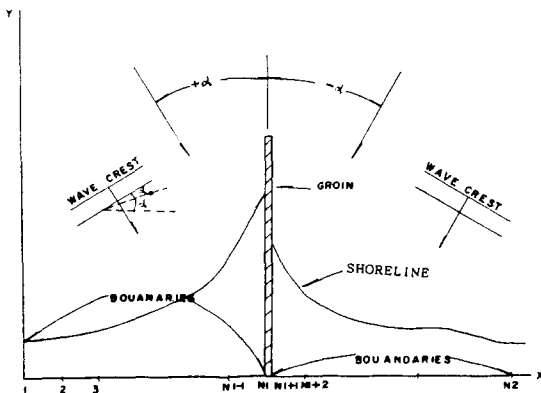


그림 4. 해안선 변형의 schematic representation.

4. 現地 해빈에 대한 적용

4.1 해안선에 대한 실측결과

1979年 5월에 포항 송도 해빈에 모래 유실 방지를 目的으로 그림5.와 같이 3基의 돌제를 설치하고 인공양빈을 실시한 후 3회에 걸쳐 지형측량을 실시한 바가 있다. (1979年 7月 28日, 8月 29日, 12月 24日)이 실측된 결과를 수치모델에 의한 결과와 비교 검토할 목적으로 그림6.과 같이 정리하였다.

그림6.의 영역①을 보면 돌제 설치후의 변화된 해안선은 초기 해안선(돌제 설치 후 人工的으로 造成된 해안선)보다 모두 전진하였고, 영역④는 계절에 관계없이 모두 후퇴하였다. 이러한 현상은 波向이 NE方向으로 경사져서 入射할 때의 돌제군의 퇴적, 침식 기능과 같은 양상을 보여 주었고, 영역 ② 및 ③은 이러한 현상과 다른, 중앙 부분에는 모두 침식 현상을 보인 반면에 돌제 주변에서는 모두 퇴적현상을 나타내고 있다.

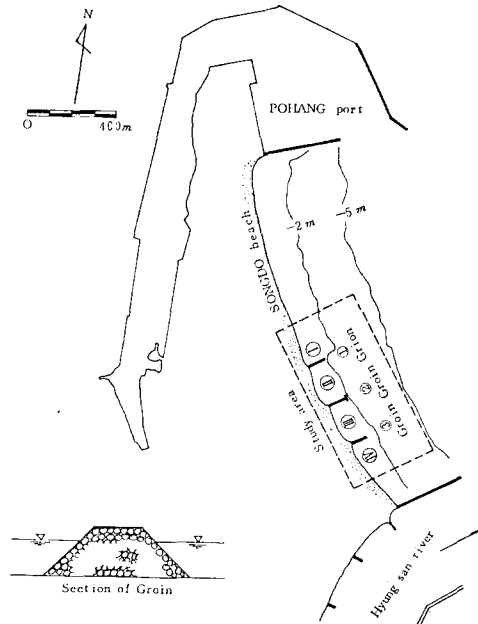


그림 5. pohang Songdo 해빈의 現況

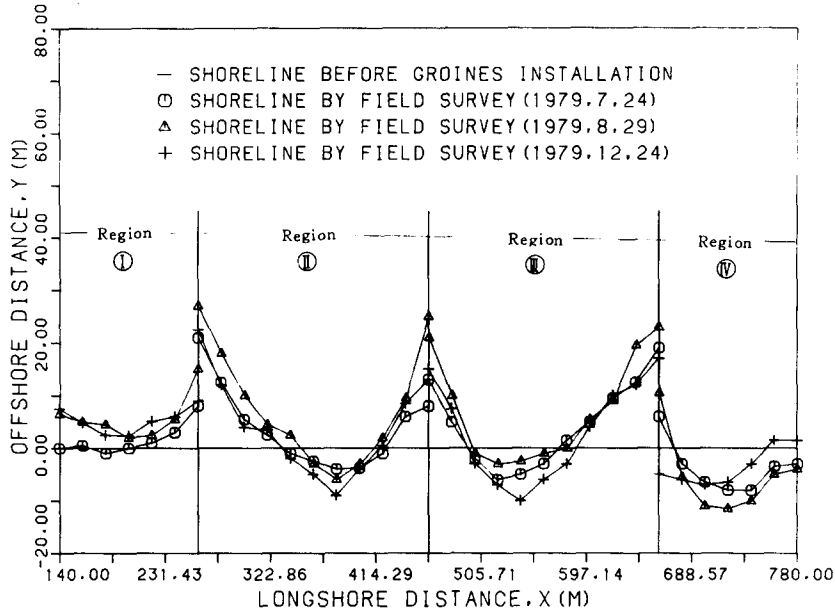


그림6. 돌제 설치후 해안선 변형의 실측치

4.2 계산조건및 결과분석

수치모델의 타당성을 검증하기 위하여 필요한 자료는 대상지역의 波浪의 특성 정보및 지형자료이다. 波浪특성 정보는 포항지방해운항만청이 1979年 6月부터 12月까지 관측한(位置 : N36° 03' 00", E129° 24' 02") 波浪資料²¹⁾中에서 波高 및 週期는 月 平均值를, 波向은 정확한 값이 없으므로 代表波向(NE방향)을 사용하였고(表4-1), 海水面 변동에 대한 資料는 全無하므로 여기서는 무시하고, 해빈 특성 자료는 表4-2와 같다.

表 4-1 Pohang Songdo 해빈의 파랑자료

Month	Ho (m)	T (sec)	Wave Direction
June	0.5	7.0	NE
July	0.6	6.5	NE
Aug.	0.6	7.0	NE
Sept.	0.9	6.6	NE
Oct.	1.1	7.0	NE
Nov.	0.9	7.0	NE
Dec.	0.9	6.8	NE

그림5.에서와 같이 송도 해빈에 설치된 중간 돌제는 T형으로 되어 있으나 본 계산에서는 직선으로 가정하고 계산시간 Δt 는, λ 를 차원화시키면 $\frac{A}{B+D} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$ ($A=140.75TH^2$)이므로 Δt 를 고정시키면 月別 파랑특성의 차이 때문에 λ 가

表 4-2 Pohang Songdo 해빈의 지형 자료

No.	Description	Values	Unit
1	돌제의 수	3	
2	돌제의 길이	80	m
3	돌제의 간격	200	m
4	해빈의 연장	1600	m
5	해빈의 기울기	0.025	
6	Berm의 높이	1.0	m
7	모래의 밀도	2.52	g/cm ³
8	해수의 밀도	1.025	g/cm ³
9	모래의 직경	0.3	mm
10	Longshore space step	20	m
11	Number of space	80	

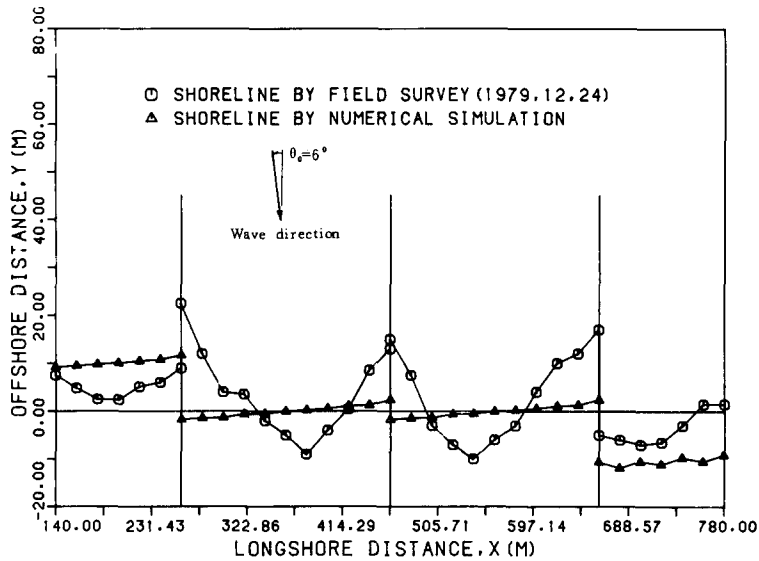


그림7. Pohang Songdo 해빈에서의 실측치와 계산치의 비교.

변화하므로 Δt 를 매월 변화시켜 7個月동안 수행한 계산결과는 그림 7과 같다. 계산치의 결과를 보면 영역 ㉠과 ㉡에서는 퇴적과 침식현상이 실측치보다 약간 큰값을 보이나 그 경향을 대체적으로 잘 일치하나, 영역 ㉢와 ㉣에서는 실측치와의 차이가 있다. 이러한 현상은, 계산에서 捨石돌체를 불투과성으로 가정했기 때문에 堤體공극을 통한 漂砂이동이 고려되지 않았고, 波向조건이 계절적으로 약간의 차이가 생길 수 있으나 波向자료의 불충분함으로 인하여 대표波向을 적용한 결과라 생각되고, 더 큰 요인으로는 구조물 선단에서 수심이 일정하다고 가정하여 회절효과를 고려했기 때문이라 생각된다.

5. 결 론

구조물부근에서의 퇴적과 침식현상을 좀더 정확히 예측하기 위하여 회절계수의 예측方法을 개선시켜야 하며 구조물이 捨石인 경우 투과율도 고려해야 한다. 그리고, 연안포사량만 구하여 coastal zone에서 土砂의 保存法則에 기초를 두어 해안선변형을 계산하였기 때문에 주로 波의 직접적인 작용에 의한 해안선에 직각방향의 漂砂는 고려치 않았다. 이러한 漂砂는 장기간의 해안

선변형 계산시에는 沿岸漂砂에 비교해서 通常 무시하나 여기서 수행한 기간(6月~12月), 즉 계절적 해안선변형 계산시에는 중요한 역할을 하므로 단기간의 해안선 변형을 본 모델로 예측할 때는 앞으로 해안선에 직각방향의 함수로 표시된 표시의 분포 곡선을 고려해야 한다.

감사의 말

本研究는 學術振興財團의 研究費에 의하여 이루어진 것이며 本財團에 대하여 感謝의 뜻을表하는 바이다.

참고 문헌

1. Ames William F., *Numerical Methods for Partial differential equations*, Academic Press, Inc., 365 pp., 1977.
2. Borah, D. K. and A. Balloffet, "Beach Evolution Caused by Littoral Drift Barrier", *J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.*, Vol. 111, No. 4, pp.645-659, 1985.
3. Gerald Curtis F. and Patrick O. Wheatley, *Applied Numerical Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, pp.479, 1984.

4. Hans, H., and N. C. Kraus, "Seawall Constraint in Shoreline Numerical Model", *J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.*, ASCE, Vol. 111, No. 6, pp.1079-1083, 1985.
5. Horikawa Kiyoshi, *Coastal engineering*, University of Tokyo Press, pp.387, 1978.
6. Kazumasa, M., "Shoreline Change Estimates near Oaria, Japan", *J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.*, ASCE, Vol. 108, No. WW1, pp.65-80, 1982.
7. Komar, P. D., "Beach Sand Transport: Distribution and Total Drift", *J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.*, ASCE, Vol. 103, No. WW2, pp.225-239, 1977.
8. Komar, P. D., *Beach process and Sedimentation*, Prentice-Hall Inc., pp.203-283, 1976.
9. Le Meuhaute, and M. Soldate, *Mathematical Modeling of Shoreline Volution*, U.S. Army, Corps of Eng., Coastal Eng. Res. Center, 1977.
10. Le Meuhaute, and S. Soldate, *A Numerical Model for Predicting Shoreline Change*, U.S. Army, Corps of Eng., Coastal Eng. Res. Center, 1980.
11. Longuet-Higgins, M. S., "Longshore currents generated by obliquely incident sea waves", *J. Geophys. Res.*, Vol. 75, No. 33, pp.6790-6801, 1970.
12. Muir Wood A.M. and C.A. Fleming, *Coastal Hydraulic*, 280pp, 1976.
13. Wang Herbert F. and Mary P. Anderson, *Introduction to groundwater modeling (Finite difference and finite element method)*, W.H. freeman and Company, 237pp, 1982.
14. Wiegel, R. L., "Diffraction of Waves by Semi-Infinite Breakwater", *J. of Hydraulic Division*, ASCE, Vol.88, No.HY1, pp.27-44, 1962.
15. 樫木享, 概論: 漂砂研究の變遷 今後の問題點", 月刊 海洋科學 Vol. 16, No. 7, pp. 372~375, 1984.
16. 渡邊晃, "海濱變形の數值 Simulation," 月刊海洋科學 Vol. 16, No. 7, pp. 409~116, 1984.
17. 木間仁, 堀川清司, 海岸環境工學, 東京大學出版會, pp. 575, 1985.
18. 田中則男, 漢岡和夫, 江線變化豫測モデルの開発 現地入の適用, 港灣技術資料, pp. 40, 1982.
19. 出口一郎, "砂村繼失, 漂砂量の算定", 月刊海洋科學, Vol. 16, pp. 383~393, 1984.
20. 梁崙模, 金聲得, 이문찬, "돌제 설치에 따른 해안선 변화의 수치 해석에 관한 연구," 1986년도 pp.709~714, 1986. 학술발표회 개요집 (대한 토목학회),
21. 浦項地方 海運港灣廳, 浦項舊港海象觀測記錄, pp.5~31, 1979.