

## 海雲臺 海濱의 海岸線變形 豫測 模型 Shoreline Change Model in Haeundae Beach

박일흠\*·이중섭\*

Il Heum Park\* and Jong Sup Lee\*

**要 旨** : 지형이 복잡하고 해빈 배후에 안벽이 존재하는 해운대 해빈의 해안선변형을 계산하였다. 외력이 되는 쇄파시 에너지플럭스 및 파향을 굴절 및 파고의 공간적 분포에 의한 회절을 고려하는 수치모형으로 계산하였다. 그리고 연안방향의 파고분포와 안벽의 간섭을 고려하는 연안포사량과 경험적 상수 및 sink 항을 경험 매개변수로 취급하여 해안선변형을 계산하였다. 검증기간 중의 관측치와 계산치는 비교적 잘 일치하였다. 그리고 검증으로 구한 매개변수를 사용하여 해운대 해변의 장기변화 예측치를 제시하였다.

**Abstract** □ Shoreline change of Haeundae beach was predicted by one-line model considering interaction of seawalls and longshore variation of wave height. Wave deformation was calculated by combined wave refraction-diffraction model. In this shoreline change model, empirical constants and offshore sediment transport rate are treated as calibration parameters, and the calculated results are in good agreement with the observed data.

### 1. 서 론

해운대 해빈은 평균길이 1.6 km, 해빈폭 30-50 m, 평균 해저경사 1/15인 포켓형 해빈이다. 최근 해빈폭이 점차 감소하고 있는 상태에 와 있으며 이에 대한 원인규명과 방지대책 수립이 시급한 실정이다.

Fig. 1에서와 같이 해운대의 복잡한 해저지형은 파랑변형에 커다란 영향을 미치며 파고 및 파향의 공간적 변화도 심할 것으로 사료된다. 한편, Fig. 2와 같이 1987년부터 1989년 사이의 해빈폭 경년변화를 보면, 포사의 주이동방향은 동쪽에서 서쪽으로 향하고 있음을 보여주고 있으며, 사장의 중앙부에서는 해빈폭의 변화가 거의 없음을 나타내고 있다.

해운대 해빈에 대한 기왕의 연구를 살펴보면, Ham(1982), Ham and Yang(1986), 김 등(1986), 그리고 양 등(1987)은 해운대 해빈의 단면 변화 등을 연구하였고, 김(1988)은 경험적 고유함 수법을 사용하여 해빈 변형기구를 연구하였다. 그리고 부산시(1984)와 현 등(1989)은 one-line 모형을

사용하여 해안선변형을 계산한 바 있으나 쇄파파고, 쇄파파향의 산정에 있어서 굴절만 고려하였거나 경험적 근사해로서 계산하였으며 또한 해빈의 배후에 존재하는 안벽의 간섭 등을 고려하지 않아 계산의 정도에 다소 문제가 있었다.

따라서 본 연구에서는 현지의 복잡한 파랑변형 현상을 재현하기 위하여 파랑의 굴절·회절이 고려된 수치계산을 행하여 해안선변형 계산의 입력자료로써 사용하고, 파고의 공간적 변화와 안벽의 간섭을 고려한 포사량을 산정하여 해안선변형 수치계산을 행한다. 그리고 각 대표파와 연안포사 이동 매개변수(parameter)의 검증을 통하여 모형의 재현성을 검증하고 해안선의 장기변화를 예측한다.

### 2. 파랑변형의 계산

해안선변형의 계산을 행하기 위해서는 연안포사량의 정확한 평가가 문제로 된다. 연안포사량은 수치 실험을 행할 경우 쇄파시 연안방향의 에너지플럭스의 항으로 표현하는 식이 많이 쓰여지고 있다. 따라

\*釜山水産大學 海洋工學科(Department of Ocean Eng., National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-023, Korea)

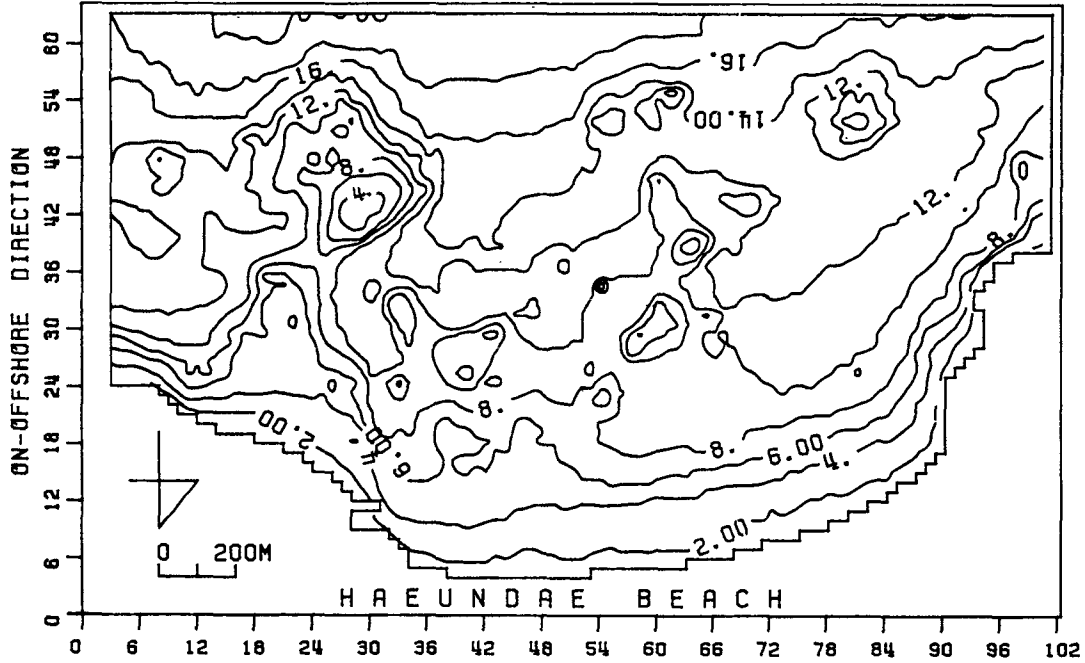


Fig. 1. Bottom topography of Haeundae beach.

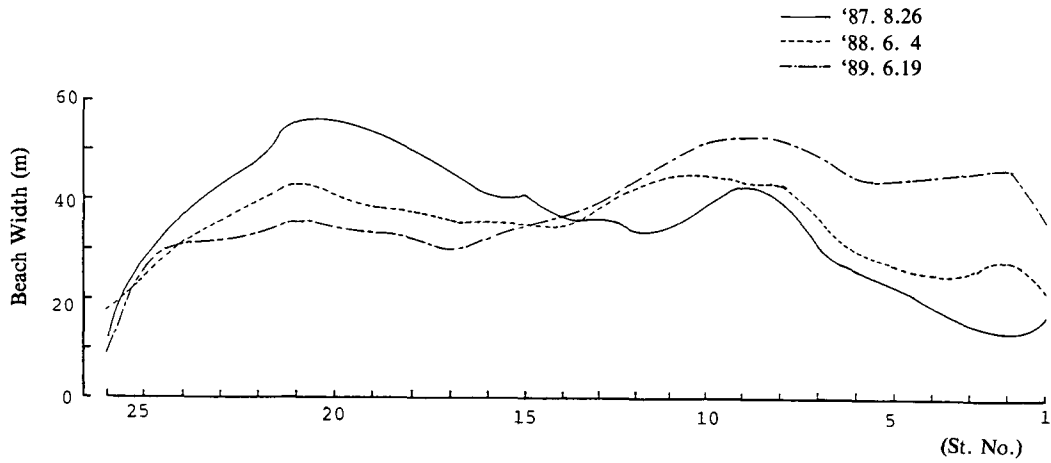


Fig. 2. Shoreline change pattern of Haeundae beach.

서 파랑변형의 정량적인 평가가 요구된다.

1970년대 초까지만 해도 선형파의 굴절 및 회절문제를 따로 취급하여 파랑변형을 시뮬레이션 하였으나, Berkhoff(1972)는 굴절·회절 및 반사문제에 대하여 환경사방정식을 유도하여 해석하였다. 그러나 이 환경사방정식을 실제 해역에 적용할 경우 경계조건의 성질이 어렵고 또한 계산시간이 많이 소요

되는 단점이 있는 관계로, Radder(1979), Lozano and Liu(1980), Tsay and Liu(1982), 등은 포물선형 근사방정식을 유도하여 해석하였으며, Ebersole(1985)은 환경사방정식을 타원형방정식으로 근사하여 해석하였다.

본 연구에서는 Kirby(1986)의 기초방정식으로부터 이(1989)에 의한 굴절·회절 및 파·흐름과의 간

**Table 1.** Incident waves for shoreline change calculation in Haeundae beach

Representative direction	$H_{o1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)	$\theta_o$ (degr.)
SE	0.68	5.7	S45°E
S	0.68	5.7	S
SW	1.00	6.0	S19°W

섭효과를 고려한 정상상태에서의 타원형방정식으로 부터 파랑변형을 계산한다.

### 2.1 기초방정식

Kirby(1986)의 식은 다음과 같다.

$$\frac{D^2\phi}{Dt^2} + (\nabla \cdot \vec{U}) \frac{D\phi}{Dt} - \nabla(CC_g \Delta \phi) + (\sigma^2 - K^2 CC_g) \phi + (\sigma^2 - \omega^2) \phi = 0 \quad (1)$$

여기서,

$$\Phi = \phi e^{-i\omega t}$$

$$\phi = a e^{i\sigma x}$$

$$\frac{D^2}{Dt^2} = \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla \right) \cdot \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla \right)$$

$\Phi$ : 복소속도포텐셜,  $\vec{U}$ : 유속벡터,  $C$ : 파속,  $C_g$ : 군속도,  $K$ : 파수,  $\omega$ : 각 주파수,  $\sigma$ : 흐름을 고려한 각 주파수

(1)식으로부터 정상상태에서 유속의 공간적 변화가 작고  $\vec{U}^2 \ll CC_g$ 라는 가정하에서 굴절 및 파고 변화에 의한 회절효과를 고려한 이(1989)의 기초방정식은 다음과 같다.

$$|\nabla S|^2 = K^2 + \frac{1}{H} (\nabla H^2 + \frac{1}{CC_g} \nabla CC_g \cdot \nabla H) - \frac{2(\sigma^2 - \omega^2)}{CC_g} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (H^2 CC_g |\nabla S| \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial y} (H^2 CC_g |\nabla S| \sin \theta) + [\nabla \cdot (\omega \vec{U} H^2) - (\vec{U} H^2 \cdot \nabla S)] = 0 \quad (3)$$

파수의 비회전성, 즉  $\nabla \times (\nabla S) = 0$ 에서

$$\frac{\partial}{\partial x} (|\nabla S| \sin \theta) - \frac{\partial}{\partial y} (|\nabla S| \cos \theta) = 0 \quad (4)$$

여기서,  $|\nabla S|$ : 굴절 및 흐름효과가 고려된 파

수,  $H$ : 파고, 그리고  $\theta$ : 파향

결국 (2)-(4)식은 정상상태에서 파고변화에 의한 회절효과와 파랑과 흐름간의 간섭효과를 고려한 파랑변형에 관한 기초방정식이 된다.

### 2.2 수치계산 방법

(2)-(4)식을 파의 진행방향으로 전진차분, 연안 방향으로 중앙차분을 취하여 row by row로 수렴시켜 가면서 전계산영역을 sweep 할 때까지 반복계산 한다. 수치계산에 필요한 입력자료는 심해파의 파고, 파향, 주기, 그리고 수심자료이다. 수심자료는 1988년 한국해양과학기술(주)에서 측량한 1/2500의 해도를 근거로 하였으며, Table 1에 나타낸 파랑자료는 기존 관측자료로써 수영만 개발지구 수치 및 수리모형 실험보고서(부산시, 1984), 그리고 한국해양과학기술(주)에서 1988-1989년에 행한 현지 조사자료를 바탕으로 하였다.

광역계산의 경우,  $1.6 \times 2.55 \text{ km}^2$ 의 해역을  $\Delta x = \Delta y = 25 \text{ m}$ 의 격자망으로 구성하였다. 파고 및 파향 계산에 있어서 수렴조건은 (5)식과 같다.

$$\left| \frac{|\Delta S|_{old} - |\Delta S|_{new}}{|\Delta S|_{new}} \right| < 10^{-3} \text{ AND} \\ \left| \frac{H_{old} - H_{new}}{H_{new}} \right| < 10^{-3} \quad (5)$$

협역계산의 경우,  $(0.625 \times 2.55) \text{ km}^2$ 의 해역을  $\Delta x = 12.5 \text{ m}$ ,  $\Delta y = 25 \text{ m}$ 의 격자망으로 재구성하여, 광역계산의 값을 초기조건으로 하여 (5)식의 수렴조건으로 계산을 행한다.

그리고 쇄파조건은 (6)식과 같이 주었다.

$$H_b = \gamma h_b \quad (6)$$

여기서,  $\gamma = 0.78$

이상의 계산방법을 대략적인 흐름도로 나타내면 Fig. 3과 같다.

### 2.3 결과 및 고찰

Table 1에 나타낸 각 대표파향별 파랑변형 계산 결과는 Fig. 4, 5와 같다. Fig. 4는 광역계산 결과로써 (a)는 등파고선을 도시한 것이고, (b)는 파향 및 파고벡터를 나타낸다. Fig. 5는 협역계산 결과를 나타낸다. 지형적인 영향으로 shoal 이 존재하는 해

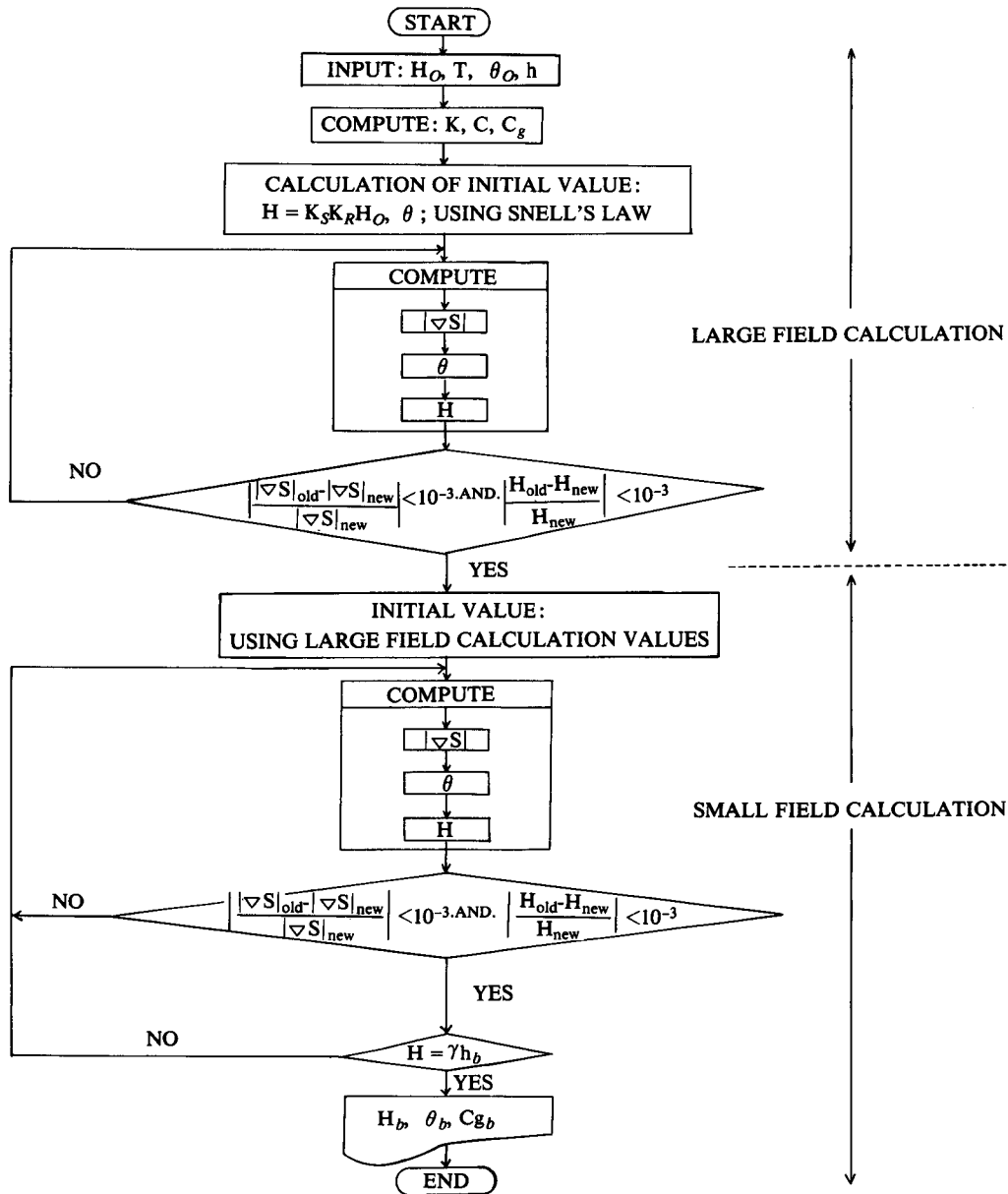


Fig. 3. Flow chart of wave deformation model.

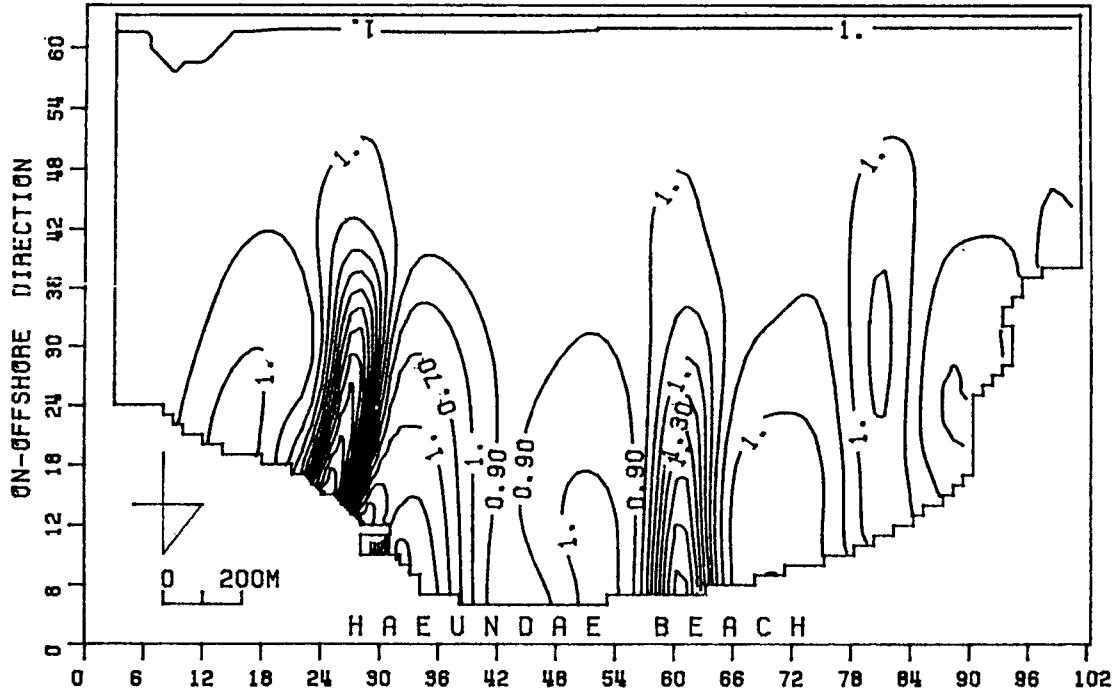
운대 해빈의 중앙부 및 양단에서 대체적으로 파가 집중하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 연안표사량 및 표사의 이동방향을 결정하는데 사용되는 쇄파파향, 쇄파파고, 쇄파균속도의 계산결과를 나타내고 있다. 쇄파파향의 경우 3가지 대표파에 대하여 비슷한 경향을 나타내며, 또한 공간적인 변화가 큼을 보여주고 있다. 쇄파파고 및 쇄

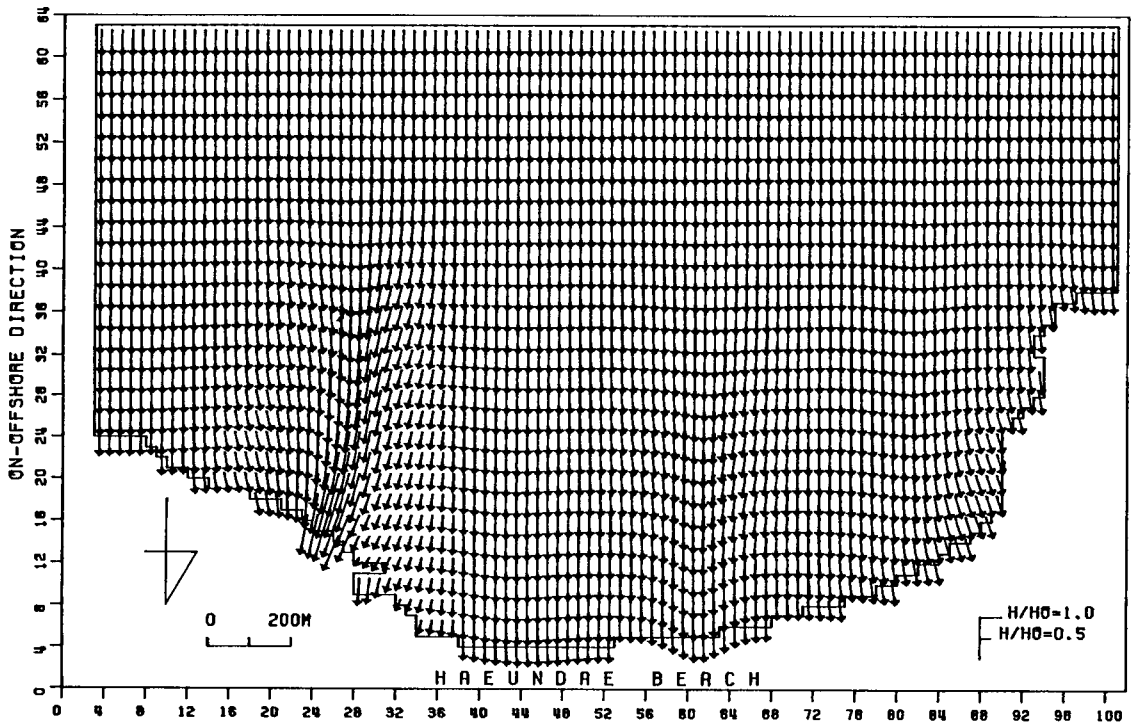
파균속도의 경우 3가지 대표파에 대해 shoal 배후에서 비교적 커다란 공간적인 변화를 보여주고 있다.

### 3. 해안선변형 모형

Pelnard-Considere(1956)은 표사의 연속방정식을 이용하여 해안선의 변화를 기술하는 모형을 최초

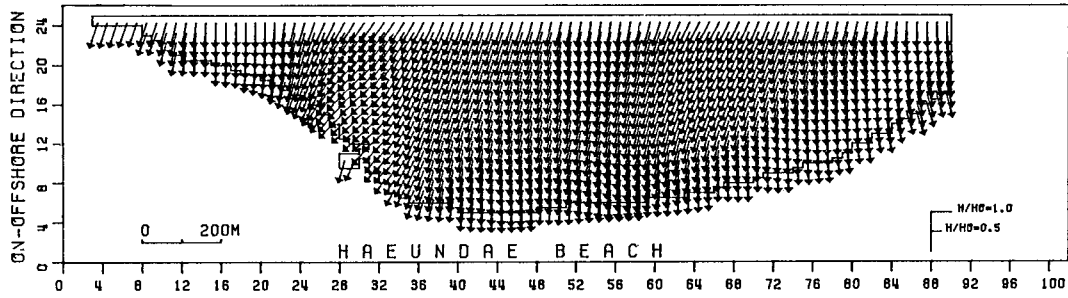


(a) Wave height distribution ( $H_o = 0.68\text{m}$ ,  $T = 5.7\text{sec}$ ,  $\theta_o = S$ )

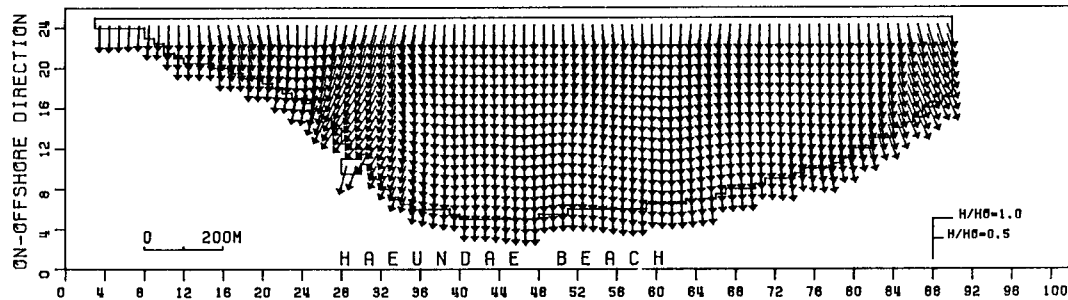


(b) Distribution of wave angle and height ( $H_o = 0.68\text{m}$ ,  $T = 5.7\text{sec}$ ,  $\theta_o = S$ )

Fig. 4. Calculated results of wave deformation in large field.



(a) Distribution of wave height and angle ( $H_o = 1.0m$ ,  $T = 6.0sec$ ,  $\theta_o = S22.5^\circ W$ )



(b) Distribution of wave height and angle ( $H_o = 0.68m$ ,  $T = 5.7sec$ ,  $\theta_o = S$ )

Fig. 5. Calculated results of wave deformation in small field.

로 개발하였다. 이 모형은 해빈의 단면변화를 설명할 수는 없지만, 장기간의 해빈변화를 예측하는데 유용하며, 흔히 one-line 이론이라고 불리어 진다. 그 후 Bakker(1968)는 평행하지 않은 2개의 등심선의 변화를 설명하는 two-line 모형을 발표한 바 있다. 그러나 two-line 모형은 offshore transport를 처리하는데 다소 어려움이 따르는 단점이 있다 (이, 1987).

본 연구에서는 해빈 배후에 안벽이 존재할 경우 안벽과 표사량과의 간섭효과를 고려한 Ozasa and Brampton(1980)의 모형을 도입하고 또한 Longuet-Higgins(1970)의 연안류 모형에서 쇄파파고의 공간적 변화를 고려한 연안표사량식(Kraus *et al.*, 1981)으로부터 해운대 해빈의 해안선변형을 수치계산 한다.

### 3.1 기초방정식

본 모형의 중요한 몇 가지 가정은 다음과 같다.

- 1) 해안선은 단일선(single line)으로 표현된다.
- 2) Swash limit와 연안표사 이동 한계수심,

$D_c$ , 사이의 해저경사,  $\tan\beta$ 는 전계산영역에서 일정하다.

3) 해빈의 단면변화를 무시할 수 있는 연안표사 이동 한계수심,  $D_c$ 와 swash limit,  $D_b$ 는 일정하다.

4) 수위는 평균해면으로 한다.

이상의 가정과 Fig. 7의 좌표계로부터 시간간격,  $\Delta t$ , 동안의 체적변화량,  $\Delta V$ 는 (7)식과 같다.

$$\Delta V = (Q_{in} - Q_{out}) \Delta t \quad (7)$$

여기서,

$$Q_{in} = Q \pm (q_s + q_o) \Delta X$$

$$Q_{out} = Q + \frac{\partial Q}{\partial X} \Delta X \quad (8)$$

$Q$ : 연안표사 이동량

$q_s$ : 해안측에서 공급(+sign) 혹은 손실량(-sign)

$q_o$ : 심해측에서 공급(+sign) 혹은 손실량(-sign)

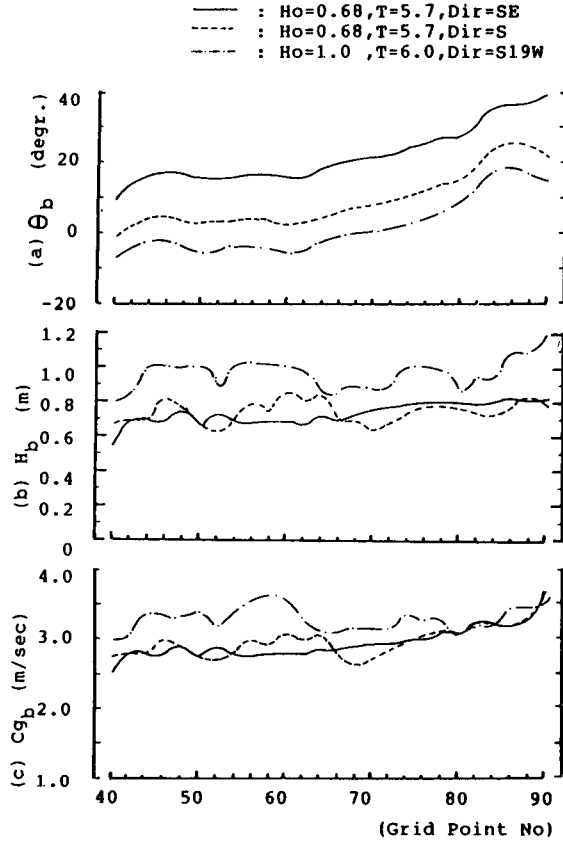


Fig. 6. Calculated values of breaking waves.

한편  $\Delta V = D \Delta x \Delta y$  이므로 이것과 (8)식을 (7)식에 대입하면 다음과 같은 기본방정식을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D} \left( \frac{\partial Q}{\partial X} \pm q \right) = 0 \quad (9)$$

여기서,

$$q = q_s + q_o$$

$$D = D_b + D_c$$

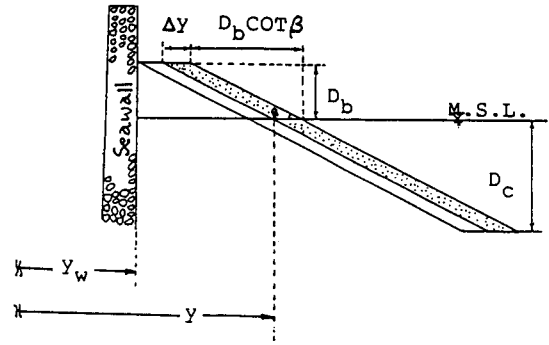
$D_b$ : 평균해면에서 swash limit 까지의 높이

$D_c$ : closure depth

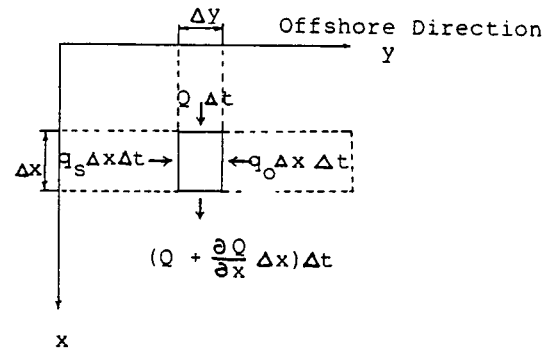
표사의 수중중량(immersed weight),  $I$ 는 체적,  $Q$ 와 다음의 관계에 있다.

$$Q = I / [(\rho_s - \rho)g(1-p)] \quad (10)$$

여기서,  $\rho_s$ : 모래의 밀도,  $\rho$ : 해수의 밀도,  $g$ : 중력가속도,  $p$ : 공극률



(a) Cross-section View



(b) Plan View

Fig. 7. Definition sketch for sand continuity equation.

Bagnold의 모형(1963)으로부터  $I$ 는 다음과 같이 파와 흐름이 결합된 (11)식으로 쓸 수 있다.

$$I = K' (E C_b) \cos \alpha_{bs} \frac{V_1}{u_m} \quad (11)$$

여기서,  $K'$ : 무차원 상수(=0.28),  $V_1$ : 연안류의 대표값,  $u_m$ : 쇄파선에서 최대 수평수립자 속도,  $E_b$ : 쇄파시 파의 에너지, 그리고  $\alpha_{bs}$ : 쇄파파봉선과 해안선이 이루는 각

Longuet-Higgins(1970)의 연안류 모형에서 Komar(1975)는 파고의 연안방향 변화를 고려한 midsurf에서 연안유속을 (12)식과 같이 유도하였다.

$$V_1 = 2.75 u_m \sin \alpha_{bs} - \frac{\pi \sqrt{2}}{C_r \gamma^3} \left( 1 + \frac{3\gamma^2}{8} - \frac{\gamma^2}{4} \cos^2 \alpha_{bs} \right)$$

$$u_m \frac{\partial H_b}{\partial X} \quad (12)$$

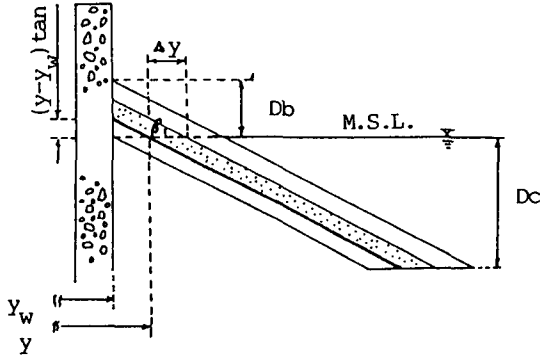


Fig. 8. Continuity equation for interaction of seawalls.

여기서,  $C_r$ : 저면마찰계수,  $\gamma=0.78$

(12)식을 (11)식에 대입하면 (13)식과 같은 관계를 얻는다.

$$I=K(EC_g)_b(\sin\alpha_{bs}\cos\alpha_{bs}-2.62\cot\beta\cos\alpha_{bs}) \frac{\partial H_b}{\partial X} \quad (13)$$

여기서,  $K$ : 무차원 상수 (=0.77)

(13)식을 (10)식에 대입하면 본 계산에서 사용할 연안표사량 산정식(Kraus *et al.*, 1981)을 얻을 수 있다.

$$Q=(H^2C_g)_b(K_1\sin 2\alpha_{bs}-K_2\cos\alpha_{bs}) \frac{\partial H_b}{\partial X} \quad (14)$$

여기서,

$$K_1=K_1/[16(\rho_s/\rho-1)(1-p)1.412^{5/2}]$$

$$K_2=K_2\cot\beta/[8(\rho_s/\rho-1)(1-p)1.412^{5/2}] \quad (15)$$

일반적으로  $K_1=0.77$  or  $0.58$ ,  $K_2=(1.62$  or  $2.62)$   $K_1$  정도의 값으로 알려져 있으나, 실제 수치 계산을 행할 경우 이러한 상수들이 간단화된 가정의 결과로써 구해졌고 또한 closure depth  $D_c$ 의 정확한 평가가 어렵기 때문에 대상 해안에서 검증을 통하여 결정하는 검증 매개변수로 취급하는 것이 바람직하다(Kraus *et al.*, 1981).

Swash limit  $D_b$ 와 closure depth  $D_c$ 는 Swart(부산시, 1984)와 Hallermeier(1983)가 제안한 다음의 식을 사용한다.

$$\frac{D_b}{d_{50}}=7644-7706\exp(-0.000143\frac{H_o^{0.488}T^{0.93}}{d_{50}^{0.788}}) \quad (16)$$

$$D_c=2.9H_o/(\rho_s/\rho-1)^{1/2}-110(H_o)^2 / (\rho_s/\rho-1)gT^2 \quad (17)$$

Fig. 8의 (c)에서와 같이 해빈이 침식하여 해빈폭  $y$ , 이 (18)식과 같이 존재할 경우 연안표사량  $Q$ 는 (14)식을 수정한 (19)식 (Ozasa and Brampton, 1980)으로 평가한다.

$$y_w \leq y < y_w + \frac{D_b}{\tan\beta} \quad (18)$$

여기서,

$y$ : 기준선에서 해안선까지의 거리

$y_w$ : 기준선에서 안벽까지의 거리

$$Q'=\frac{(y-y_w)\tan\beta}{D_b}Q \quad (19)$$

여기서,  $Q'$ : 안벽의 간섭에 의한 표사량

한편, 해운대 해빈에서는 배후에 안벽이 존재하는 관계로 폭풍시 반사파로 인한 외해쪽으로 모래의 유실이 있을 것으로 사료되며, 이와 같은 offshore transport,  $q$ 를 (20)식과 같이 표현하여 정량적으로 평가하기 어려운  $q$ 를 검증 매개변수(Kraus *et al.*, 1981)로 취급하여 수치계산을 행한다.

$$q=q_o\exp(-m^2) \quad (20)$$

여기서,  $-m^2=-0.04i^2+4.8i-144$

$i$ : grid point number

### 3.2 수치계산 방법

(9)식은 Fig. 10과 같이 차분형으로 표현하며 그 차분식은 (21)식과 같다.

$$y'_i=y_i-\frac{\Delta t}{D\Delta X}(Q_{i+1}-Q_i\pm\Delta Xq_i) \quad (21)$$

여기서,  $y'_i$ : next time step에서 해빈폭  $\Delta t$ 가 너무 큰 값을 가질 경우 안정된 해를 얻지 못하므로 쇄파각이 작고,  $\partial q/\partial x \approx 0$ 라는 가정을 하면 (9)식은 (22)식과 같은 선형방정식으로 유도된다(Kraus *et al.*, 1981).



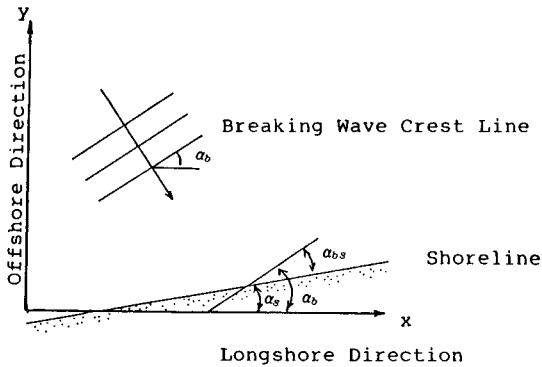


Fig. 9. Definition of angles and axis.

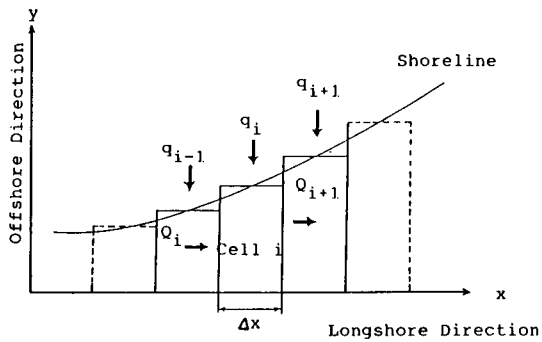


Fig. 10. Shoreline grid representation and associated transport.

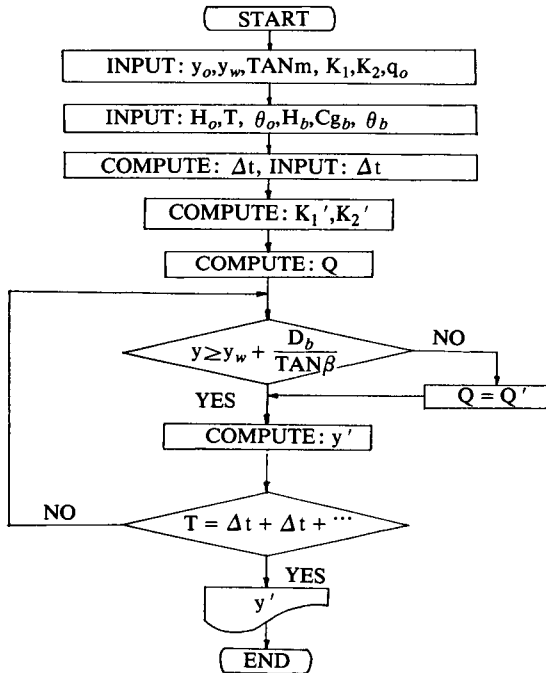


Fig. 11. Flow chart of shoreline change model.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \epsilon \frac{\partial^2 y}{\partial X^2} \quad (22)$$

여기서,

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$$

$$\epsilon_1 = 2 (H^2 C_g)_b K_1 / D$$

$$\epsilon_2 = (H^2 C_g)_b K_2 \frac{\partial H_b}{\partial X} \sin \alpha_b / D$$

(22)식은 확산방정식의 형태이므로  $\Delta t$ 에 관한 다음의 안정조건을 얻을 수 있다.

$$\frac{\Delta t \epsilon_{max}}{\Delta X^2} \leq \frac{1}{2} \quad (23)$$

여기서,  $\epsilon_{max}$ : 특정한 time step에서 발생할 수 있는  $\epsilon$ 의 최대값

경계조건으로는 해운대 해변의 서편 경계가 불투과 경계이고, 동편 경계가 안정 해변이므로 (24)식과 같이 취급하였다.

$$\text{Impermeable boundary : } Q_{ib} = 0$$

$$\text{Stable beach : } Q_{ib-1} = Q_{ib} \quad (24)$$

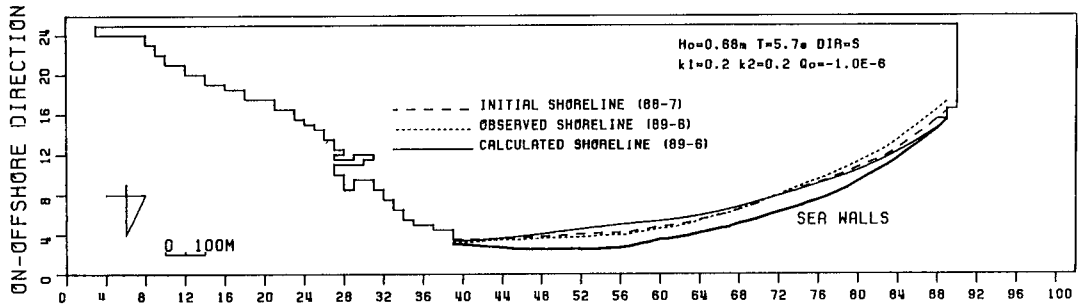
여기서,  $ib$ : 경계에서 grid coordinate 수치계산을 행한 흐름도는 Fig. 11과 같으며,  $\Delta x = 25\text{ m}$ ,  $\tan \beta = 1/15$ , 그리고 입사파 및 쇄파시의 파랑조건은 Table 1과 Fig. 6의 값을 사용하였다.

#### 4. 모형의 검증 및 계산결과

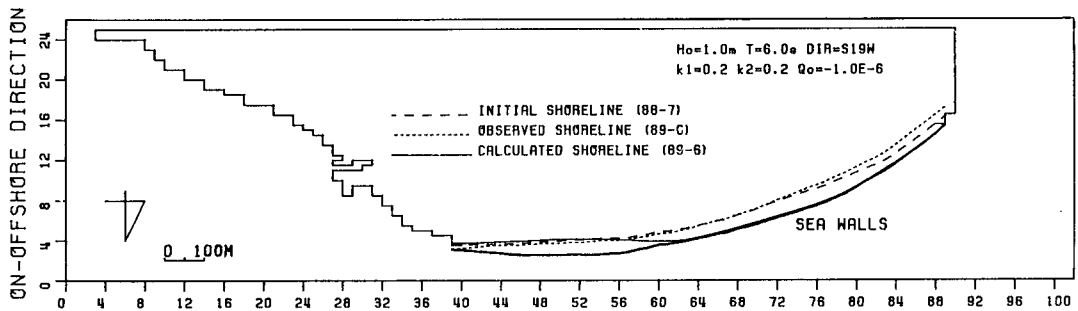
본 연구에서는 해안선변형 모형의 검증을 위하여, 1988년 7월부터 1989년 6월까지의 11개월 반 동안의 해안선 측량자료를 Table 1의 파랑자료와 포사량에 관한 매개변수  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $q_o$ 의 적절한 조정으로부터 관측치와 잘 일치하는 계산치를 구하는 검증을 다음과 같이 행하였다.

첫째, Table 1에 나타낸 3가지 대표입사파향에 대하여 적용한 결과는 Fig. 12와 같다. S계, SW계 파랑에 대하여는 관측치와 계산치가 전혀 다른 양상을 나타내었으나, SE계 파랑에 대하여는 잘 일치하는 경향을 나타내었다.

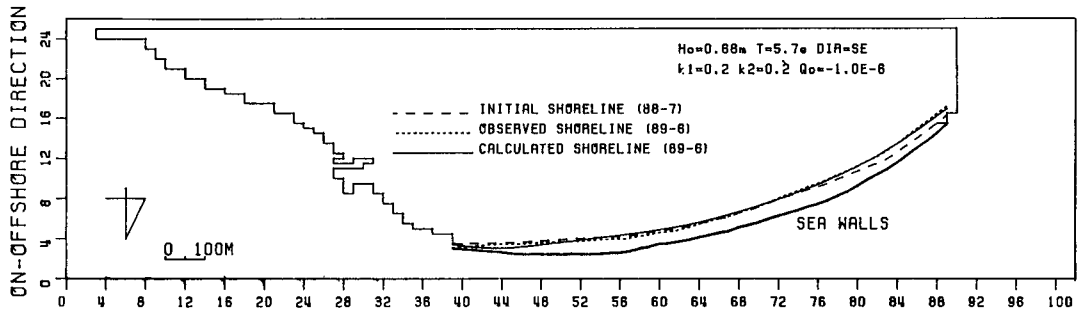
둘째, SE계 파랑에 대하여  $K_1$ ,  $K_2$  값을 고정하고  $q_o$  값을 변화시켜 가면서 계산한 결과는 Fig. 13과



(a) Representative wave of south direction



(b) Representative wave of south-west direction



(c) Representative wave of south-east direction

Fig. 12. Difference in calculated and observed shoreline for representative waves.

같다. 그 결과,  $q_o = -1.0 \times 10^{-6} (\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{m})$ 인 경우 관측치와 계산치가 잘 일치하였다.

세째, SE계 파랑과  $q_o (= -1.0 \times 10^{-6})$ 값을 고정하고,  $K_1, K_2$ 값을 변화시켜 가면서 계산한 결과는 Fig. 14와 같다. 그 결과,  $K_1=0.2, K_2=0.2$ 의 경우가 관측치와 잘 일치하였다.

한편, Fig. 15는 안벽의 간섭을 고려한 계산결과와 고려하지 않은 계산결과와의 비교를 나타내고 있다. 간섭을 고려하지 않은 묘사량이 과대평가되어 동쪽 경계부근에서는 거의 안벽까지 침식한 결과를

Table 2. Wave condition and calibration parameters of shoreline change in Haeundae beach

wave condition			calibration parameters		
$\theta$	$H_o$ (m)	T (sec)	$q_o$ ( $\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{m}$ )	$K_1$	$K_2$
S45°E	0.68	5.7	$-1.0 \times 10^{-6}$	0.2	0.2

나타내고 있다.

이상의 검증결과로부터 해운대 해변의 해안선변형 계산에 가장 적합한 조건을 정리한 것이 Table 2와

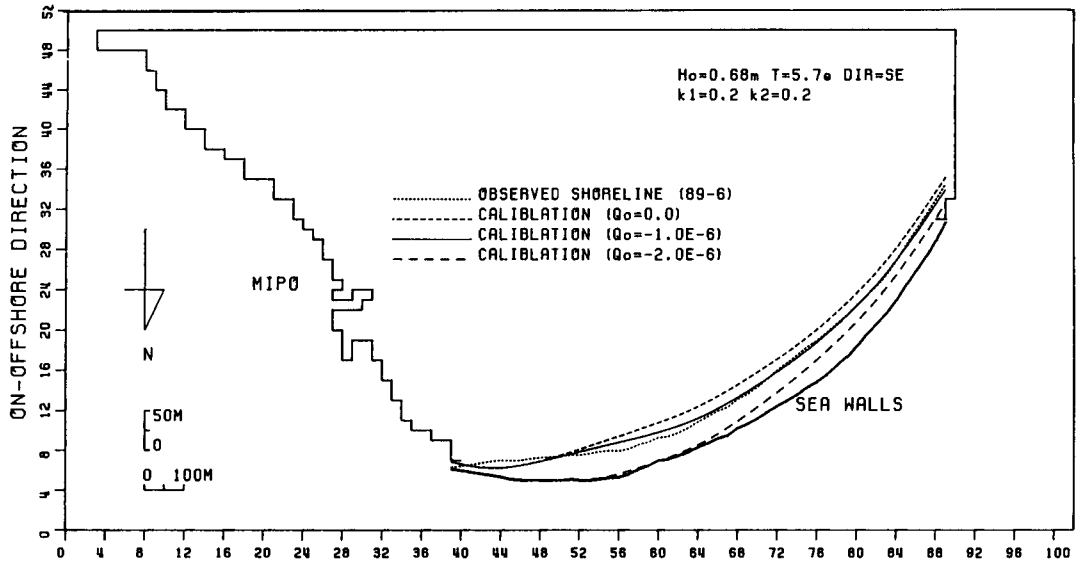


Fig. 13. Difference in calculated and observed shoreline with  $q_0$  varied.

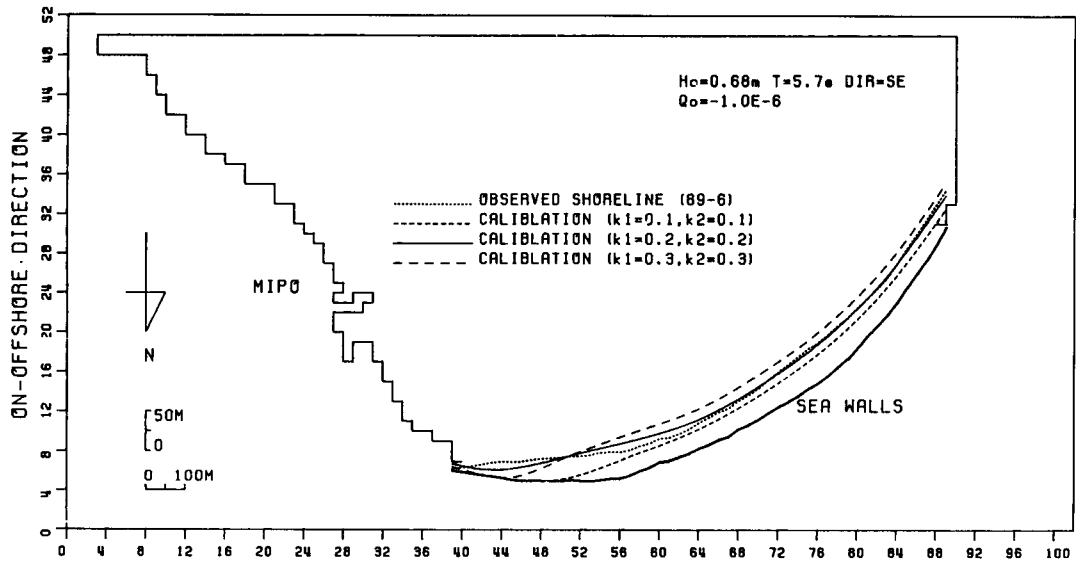


Fig. 14. Difference in calculated and observed shoreline with  $K_1$  and  $K_2$  varied.

같다.

Table 2의 조건으로부터 1988년 7월부터 향 후 10년간의 해안선변형 예측결과는 Fig. 16과 같다. 계산결과에 의하면 10년 후 해운대 해변의 동편에서는 안벽까지 해안선이 후퇴하고 다른 곳에서는 초기 보다 해안선이 약간 전진하는 결과를 나타내었다.

## 5. 결론 및 토의

본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 지형이 복잡한 현지의 파랑을 재현하기 위해 굴절과 파고의 공간적 변화에 의한 회절을 고려한 파랑변형 계산을 행하여 해안선변형 계산의 입력자

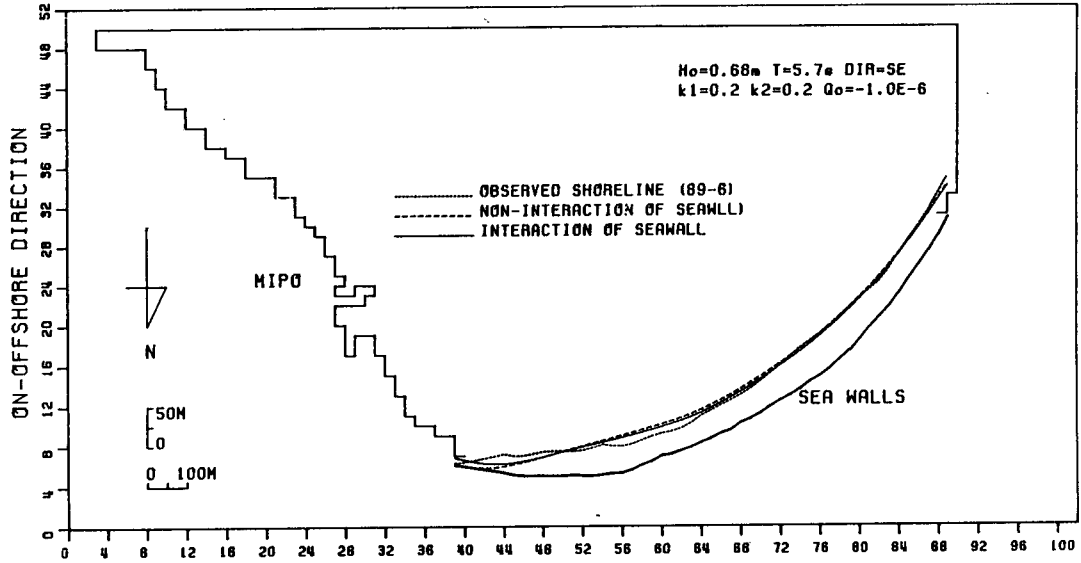


Fig. 15. Difference in considered and not considered interaction of seawalls.

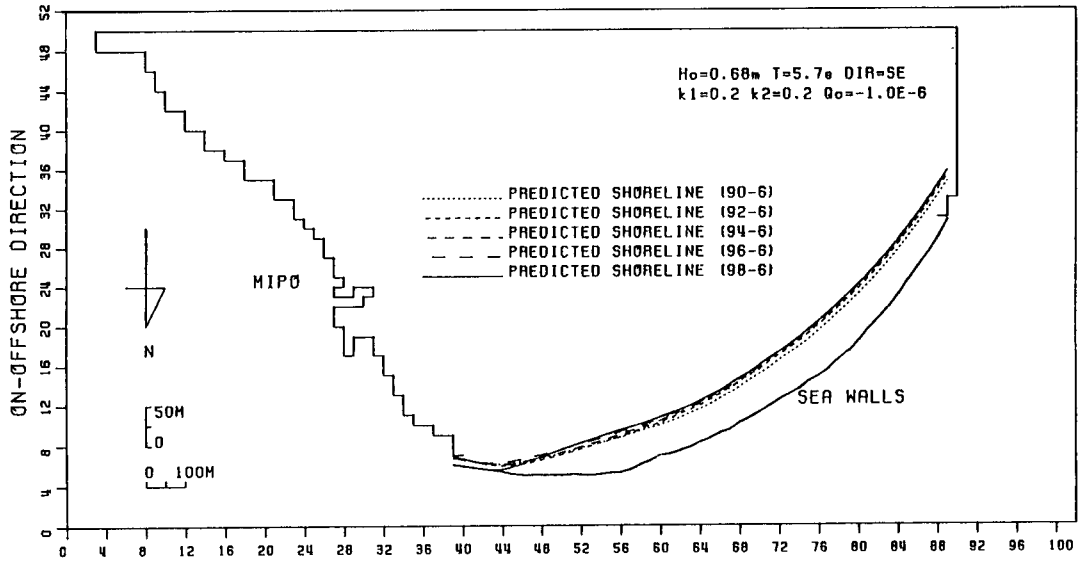


Fig. 16. Predicted shoreline change after 10 years.

료로써 사용하였다.

2) 본 모형의 검증 결과, 안벽의 간섭을 고려한 표사량의 산정이 요구되고, 아울러 파고의 공간적 변화가 클 경우 연안방향의 파고분포를 고려한 표사량 산정이 바람직하다.

3) 연안표사에 관한 검증 매개변수 (calibration parameter)  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $q_0$ 는 각각 0.2, 0.2,  $-1.0$

$\times 10^{-6}(\text{m}^3/\text{sec}\cdot\text{m})$ 인 경우 관측치와 실측치가 잘 일치하였다.

4) 경계조건 및 offshore transport rate,  $q$ 의 합리적인 설정을 위한 앞으로의 연구가 요망된다.

5) 해운대 해빈의 향후 10년간의 해안선변형 예측치를 제시하였다.

보다 정확한 장기적인 해안선변형의 예측을 위하

여는 모형의 검증에 있어서 장기간의 해안선 측량자료를 이용하여 검증을 행하고, 파향, 파고 및 주기에 대한 적어도 1년 이상의 연속 관측자료가 요구된다.

### 참고문헌

- 김차겸, 1988. 해운대 해수욕장의 해빈변형에 관한 기초적 연구, 부산수산대학 해양공학과 공학석사 학위논문, 6-22.
- 김희중, 민병형, 옥치울, 1986. 해빈변형의 상사에 관한 연구, 제 28회 수공학 연구발표회 논문초록집, 187-194.
- 부산시, 1984. 수영만 개발지구 수치 및 수리모형 실험보고서, 335-385.
- 양운모, 김정부, 정상진, 1987. 안충방향 포사이동에 관한 이동상 모형법칙에 관한 연구, 제 29회 수공학 연구발표회 논문초록집, 235-243.
- 이종섭, 1987. 3차원 해빈변형 모델, 한국수문학회지, 제 20권 제 1호, 4-13.
- 이동수, 1989. 연안구조물 주변의 파랑의 회절·굴절에 관한 수치모델, 부산수산대학 해양공학과 공학석사 학위논문, 6-22.
- 현동현, 김수삼, 1989. 수치모형을 이용한 해운대 사빈 해안선변형 예측을 위한 기초적 연구, 한국해양공학회 춘계학술대회 강연논문집, 39-44.
- Bagnold, R.A., 1963. Mechanics of marine sediment, in *The Sea*, ed. M.V. Hill, 3, Interscience: 507-523.
- Bakker, W.T., 1968. The dynamics of a coast with groyne system, *Proc. 11th Conf. on the Coastal Eng.*, Chapter 31.
- Berkhoff, J.C.W., 1972. Computation of combined refraction-diffraction, *Proc. 13th Conf. Coastal Eng.*, Vol. 1: 471-490.
- Booij, N., 1983. A note on the accuracy of the mild-slope equation, *Coastal Eng.*, Vol. 7: 91-203.
- Ebersole, B.A., 1985. Refraction-diffraction model for linea water wave, *J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng.*, Vol. 3, No. 6: 939-953.
- Hallermeier, R.J., 1983. Sand transport limit in coastal structure design, *Proc. Coastal Structures '84*, ASCE: 253-277.
- Ham, G.U., 1982. A study on the deformation of Haeundae beach profiles by transition matrix method, *J. Geongsang Nat. Univ.*, Vol. 21: 153-157.
- Ham, G.U. and Yang, Y.M., 1986. Qualitative analysis on the profile sequence characteristics of Haeundae beach by transition matrix method, *Proc. 5th Cong. APD. IAHR.*, Vol. 3: 219-229.
- Horikawa, K., 1988. Nearshore dynamics and coastal processes, Univ. of Tokyo Press: 321-373.
- Kirby, J.T., 1986. Higher-order approximations in the parabolic equation method for water waves, *J. Geophys. Res.*, Vol. 91, No. C1: 933-952.
- Komar, P.D., 1975. Nearshore currents: generation by obliquely incident waves and longshore variation in breaker height, in *Proc. of the Symp. on Nearshore Sed. Dynamics*, ed J.R. Hails and A. Carr, Wiley: 17-45.
- Komar, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation, Prentice-Hall, INC: 183-226.
- Komar, P.D., 1983. CRC Handbook of coastal processes and erosion, CRC Press, Inc: 205-216.
- Kraus, N.C. et al., 1981. One-line model development and simulation for Oarai beach, NERC Report No. 15: 90-201.
- Longuet-Higgins, M.S., 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves, 1, Vol. 75, No. 33: 6778-6789.
- Lozano, C.J. and Liu, P.L., 1980. Refraction-diffraction model for linear surface gravity waves, *J. Fluid Mech.*, Vol. 101: 159-176.
- Ozasa, H. and Brampton, A.H., 1980. Mathematical modelling of beaches backed by seawalls, *Coastal Eng.*, Vol. 4, No. 1: 47-64.
- Pelnard-Considere, R., 1956. Essai de Theorie de l'Evolution des Formes de Rivage en Plages de Sable et de Galets, 4th Journees de l'Hydraulique. Les Energies de la Mer, Question 3, Rapport No. 1.
- Radder, A.C., 1979. On the parabolic equation method for water-wave propagation, *J. Fluid Mech.*, Vol. 95, No. 1: 159-176.
- Tsay, T.K. and Liu, P.L., 1982. Numerical solution of water-wave refraction and diffraction programs in the parabolic approximation, *J. Geophys. Res.*, Vol. 87: 7932-7940.