

# 회야강 하구 및 진하해수욕장의 지형변화에 관한 연구

민 병 형\* · 민 일 규\*\* · 이 동 수\*\*\*

(1994년 1월 31일 접수)

## A Study on the Topography Change of Hyeya River and Jinha Beach

Byung-Hyung Min\* · Ill-Kyu Min\*\* · Dong-Soo Lee\*\*\*

**Key Words :** sediment transport model(해빈변형모델), wave model(파랑모델), wave induced-current model(해빈류모델), refraction(굴절), diffraction(회절), reflection(반사), bed load(소류사), suspended load(부유사)

### Abstract

In recent years Jin-ha Beach and Hyeya River mouth have experienced severe erosion phenomena. The cause of erosion is examined using a 3-dimensional numerical sediment transport model.

The model is composed of three components : wave model, wave-induced current model and 3-dimensional sediment transport model.

In the wave analysis component we consider refraction, diffraction and reflection based on Maruyama and Kajima method. For the wave-induced current model we use depth-integrated continuity equation and momentum equations. For the 3-dimensional sediment transport model we consider bed load and suspended load simultaneously.

Model results obtained for Jin-ha Beach and Hyeya River mouth agreed well with experimental results.

### I. 서 론

#### 1.1 연구목적 및 범위

경상남도 울산군에 위치한 회야강 하구 및 인

접한 진하해수욕장의 표사수지는 주 표사공급원인 회야강으로부터 유하된 모래가 하구에 도달하여 하구 폐색을 시켰다가 홍수시에 터지는 것이 매년 발생하였으며 유하된 모래는 해안선이 전진하는 경향으로서 해안 보전의 측면에서는 좋았다. 그러나 1987년 회야강 상류에 회야댐이 건설되

\* 동아대학교 토목공학과 교수

\*\* 동아대학교 해양자원연구소 특별연구원

\*\*\* (주)한국해양과학기술 연구원

고 해수욕장 배후지역에 토지구획정리 사업의 실시 때 율과 방지를 위한 직립호안의 설치등으로 해빈은 해마다 침식되고 해빈경사가 급해져서 울산군에서는 매년 인공양빈과 sand by pass공법을 이용하고 있으며 반면에 회야강하구는 폐색 현상이 일어나 어선의 입·출항이 곤란한 실정이다.

이제까지 해빈 지형변화의 예측은 경험적 해석 방법, 수리 모형 실험 및 수치 실험에 의해서 이루어졌다. 경험적 해석 방법은 과거의 실측자료로부터 표사이동의 양상을 해석하는 것이나 주어진 외력과 지형 변화사이의 관계가 불분명하고 어느 한 지역에서 얻어진 결과를 다른 해빈에 적용하기 어렵다. 수리모형실험은 이론적으로 해결하기 어려운 복잡한 현상을 규명할 수 있기 때문에 종래 그리고 현재까지도 많이 쓰여지고 있는 방법이라 할 수 있다. 아직 현자와 모형사이의 상사측이 미흡한 상태이며 대규모적인 실험 시설 및 많은 경비가 요구된다는 것이 단점이라 할 수 있다. 이에 대해 수치예측 방법은 최근 전자계산기의 발달로 앞서 방법들보다 시간이나 경비가 절감되는 장점이 있으므로 근래 들어 상당히 많이 사용하는 방법이다. 또한 해빈지형변화 모델은 해안선 변화 모델과 3차원 해빈변형모델로 대별된다. 해안선 변화 모델은 파의 에너지와 연안 표사량과의 관계를 경험식으로 직접 연결시켜 안충방향 단면 전체에서의 토사 수지를 해안선의 변화로 예측하는 것이기 때문에 모델이 단순하여 계산시간이 비교적 적고, 넓은 영역의 장기간 해안선 변화의 예측에 적합하다. 그러나 평면적인 지형 변화를 예측하는 것은 원칙적으로는 불가능하다. 3차원 해빈 변형 모델은 파랑장과 해빈류장을 계산하고 이것을 외력조건으로서 각 지점마다의 표사 이동을 계산하는 것이기 때문에 평면적인 지형변화를 예측할 수 있다는 점에서 해안선 변화 모델보다도 범용성은 높지만 계산 시간이 길기 때문에 비교적 단기간의 국소적인 지형 변화의 예측에 적합하다.

본 연구는 이러한 관점에서 현지관측 및 조사를 통하여 해빈 변형의 외력인 파랑과 해빈류의 평면 분포를 계산하고 국소적인 파와 흐름의 조건으로부터 3차원 해빈 변형 수치예측모델을 개

발하여 대상해역의 지형 변화를 예측함과 동시에 수리모형 실험으로 그 타당성을 검증하고자 한다.

본 3차원 해빈변형 수치예측모델은 기본적으로 파랑장 계산, 해빈류장 계산, 그리고 지형변화 계산의 3개의 모델로 계산되어진다.

## II. 파랑 변형 모델

### 2.1 기본방정식

파랑변형 모델은 Berkhoff<sup>1)</sup>의 타원형 방정식과 같은 형태로 해석하는 방법과 Radder<sup>2)</sup> 그리고 Lozano-Liu<sup>3)</sup>등과 같은 포물형 근사법에 의한 방법 및 Copeland<sup>4)</sup> 그리고 Maruyama와 Kajima<sup>5)</sup>와 같이 쌍곡선형 형태의 한 쌍의 선형방정식으로 해석하는 방법등이 있으므로 본 연구에서는 파랑의 굴절, 회절까지도 고려할 수 있으며 특히 구조물에 의한 반사문제를 취급하기에 용이할 뿐 아니라 쇄파대내에서는 쇄파에 의한 에너지 감쇠를 표시하는 항을 기본식에 부가함으로써 일반적인 파랑변형을 계산할 수 있는 Maruyama와 Kajima의 쌍곡선형 완경사방정식을 사용하기로 한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{Q}}{\partial t} + C^2 \nabla \eta &= 0 \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{n} \nabla \cdot (n\vec{Q}) &= 0 \dots\dots\dots (2.1) \end{aligned}$$

여기서  $\vec{Q}$ 는 선유량 벡터로써 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Q_x &= \int_{-h}^{\eta} u dz \\ Q_y &= \int_{-h}^{\eta} v dz \dots\dots\dots (2.2) \end{aligned}$$

$\eta$ =수면변위,  $h$ =수심

쇄파대에서는 천수변형의 계산정도를 높이기 위하여 Watanabe와 Maruyama<sup>6)</sup>의 쌍곡선형완경사 방정식에다 쇄파대내에서 에너지 감쇠효과를 고려하기 위하여 Izumiya<sup>7)</sup>등의 에너지 방정식을 수정하여 에너지 감쇠계수  $f_a$ 를 부가하면 식(2.3)이 된다.

$$\frac{\partial \vec{Q}}{\partial t} + \frac{C^2}{n} \nabla(n\eta) + f_d \vec{Q} = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

여기서 에너지 감쇠항의  $f_d$ 는 다음과 같이 된다.

$$f_d = \sqrt{2} C_f \cdot \frac{E^{3/2}}{\rho^{1/2} h^{3/2}} + \beta_0 \left( \frac{E}{\rho g h^2} - M_{*s}^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.4)$$

- 여기서,  $\beta_0 = 1.8$
- $M_{*s}^2 = 0.009$
- $C_f =$  마찰계수
- $\rho =$  해수밀도
- $E = 1/2 \rho g a^2$
- $a =$  진폭

식(2.4)의 우변 첫째항은 저면마찰에 의한 에너지 감소를 나타내며 두번째항은 쇄파에 의한 에너지 감쇠를 표현하고 있다.

### 2.2 파고 및 파향의 산정

파랑 한주기 계산 종료마다 계산된 수면변위  $\eta$ 와 선유량  $Q_x, Q_y$ 를 이용하여 각 격자점에서 파고 및 파향을 결정하는 것으로 하였다. 수면변위의 최대값과 최소값으로 다음과 같이 파고를 결정한다.

$$H = (2\bar{\eta}^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\eta = 1/2 (|\eta_{max}| + |\eta_{min}|)$$

여기서  $\eta_{max}$ 는 한파랑 주기중 수면변위의 최대값이며,  $\eta_{min}$  한파랑 주기중 수면변위의 최소값이다. 파랑의 진행방향은 계산된 한파랑 주기 동안의 최대 선유량 성분의 합 벡터에 의해 결정될 수 있을 것으로 생각하여 다음과 같이 산정한다.

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{Q_{ymax}}{\sqrt{Q_{xmax}^2 + Q_{ymax}^2}} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

## III. 해빈류모델

### 3.1 기본방정식

일반적으로 해양에서의 흐름은 외해쪽에서 거의 일정하게 흐르는 해류, 조석현상에 의해 야기

되는 조류 그리고 특히 쇄파대 및 그 부근에서 파랑에 의해 발생하는 해빈류 등으로 나눌 수 있다. 위의 여러가지 흐름중에서 해빈류는 해저 물질의 이동과 그에 따른 해저지형의 변화와 밀접한 관계가 있고 연안지역에서의 수질오염과 확산 문제 등과도 관계가 있다.

본 모형에 사용한 식은 연속방정식 및 Navier-Stoke 방정식을 수심적분하고 시간 평균한 평균류에 대한 것으로 다음과 같다.

연속방정식 :

$$\frac{\partial \bar{\eta}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (h + \bar{\eta}) U + \frac{\partial}{\partial y} (h + \bar{\eta}) V = 0 \dots\dots\dots (3.1)$$

운동방정식 :

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + g \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} + [\tau_{bx} - \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (L_x \frac{\partial U}{\partial x}) + \left\{ \frac{\partial}{\partial y} (L_y \frac{\partial U}{\partial y}) \right\} \right] = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + U \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} \left( \frac{\partial S_{yy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial y} \right) + g \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} + [\tau_{by} - \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (L_x \frac{\partial V}{\partial x}) + \left\{ \frac{\partial}{\partial y} (L_y \frac{\partial V}{\partial y}) \right\} \right] = 0$$

- 여기서,  $U, V =$  평균 유속
- $\bar{\eta} =$  평균 수위
- $h =$  수심

식(3.1)에서  $L_x, L_y$ 는 수평확산계수로서 Longuet-Higgins<sup>8)</sup>가 제안한 다음 식을 사용한다.

$$L_x = L_y \cong \rho N l \sqrt{g(h + \bar{\eta})}$$

- 여기서,  $N :$  수평혼합계수
- $l :$  정선에서 외해방향으로의 거리

한편  $S_{ij}$ 는 radiation stress로서 Watanabe와 Maruyama<sup>6)</sup>가 제안한 중복파에 대한 식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$\frac{1}{\rho g} S_{xx} = \frac{Q_x^2}{4C^2} \left(1 + \frac{2kD}{\sinh 2kD}\right) + \frac{\hat{\eta}^2}{4} \frac{2kD}{\sinh 2kD} + \Gamma \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\frac{1}{\rho g} S_{yy} = \frac{Q_y^2}{4C^2} \left(1 + \frac{2kD}{\sinh 2kD}\right) + \frac{\hat{\eta}^2}{4} \frac{2kD}{\sinh 2kD} + \Gamma \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\frac{1}{\rho g} S_{xy} = \frac{1}{\rho g} S_{yx} = \frac{Q_x Q_y}{4C^2} \left(1 + \frac{2kD}{\sinh 2kD}\right) \cos(\epsilon_x - \epsilon_y)$$

여기서  $\Gamma = \frac{1}{8\sigma} \left[ \frac{\partial}{\partial X} \{ \hat{\eta} Q_x \sin(\epsilon_n - \epsilon_x) \} + \frac{\partial}{\partial Y} \{ \hat{\eta} Q_y \sin(\epsilon_n - \epsilon_y) \} \right]$   
 $\hat{\eta}$  = 수위진폭  
 $Q_x, Q_y$  = 선유량 진폭  
 $\epsilon_x, \epsilon_y$  = 위상각

그리고, 해저면 마찰 응력은 파랑에 의한 물입자 운동과 평균류 성분의 시간 평균치로서 다음식과 같이 표현된다.

$$\tau_{bx} = \rho f_w \sqrt{(u_x + |U|)^2 + (u_y + |V|)^2} U$$

$$\tau_{by} = \rho f_w \sqrt{(u_x + |U|)^2 + (u_y + |V|)^2} V$$

여기서,  $u_x = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{(h+\eta)}} \cos\theta \frac{2}{\pi}$   
 $u_y = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{(h+\eta)}} \sin\theta \frac{2}{\pi}$

$f_w$  = 해저면 마찰계수  
 $H$  = 파고

#### IV. 지형변화 예측모델

##### 4.1 기본방정식

3차원 지형변화 수치 모델에서는 전술한 2개의 부모모델에 의해서 계산되는 각 지점에서의 국소적인 파와 흐름의 조건으로부터 각 지점의 표사량을 산정하여 표사량의 평면분포로부터 저질량의 보존칙을 기본으로 하여 각 위치 저면고의 시간 변화량을 추산하여 최종적으로 공간적인 해빈변형을 예측한다. 그러나 표사현상은 복잡하고 아직

충분히 해명되어 있지 않기 때문에 대부분의 표사량식은 경험적인 방법으로 정식화하고 있는 실정이다.

파랑과 흐름의 공존장에서 소류사 및 부유사 이동에 의한 해저지형의 변동량을 계산하는 기초 방정식은 표사보존식으로 식(4.1)과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda} \left[ r \left( \frac{\partial q_{sx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sy}}{\partial y} \right) + \left( \frac{\partial q'_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q'_{by}}{\partial y} \right) \right] \dots \dots \dots (4.1)$$

여기서,

- $h$  : 수심
- $\lambda$  : 공극율
- $r$  : 전 부유사량 중에서 지형변동에 미치는 기여율
- $s$  : 부유사를 나타내는 첨자
- $b$  : 소류사를 나타내는 첨자

이다.  $q_x, q_y$ 는 각점에 있어서의 표사량의  $x, y$ 방향 성분이며  $q'_{bx}, q'_{by}$ 는 해저경사를 고려한 Watanabe<sup>9)</sup> 등의 소류사량의 수정식이다. 소류사량의 평가는 Horikawa<sup>10)</sup>에 의한 흐름에 의한 성분( $q_c$ )과 파랑에 의한 성분( $q_b$ )으로 나누어서 산정한다. 해저면 마찰력  $\tau$ 의 평가에 있어서는 저면 경계층 내에서 파랑에 의한 수립자 속도와 흐름의 파랑의 한주기에 대한 평균치로서 다음식과 같다.

$$\tau = \rho f_u F_b^2 \dots \dots \dots (4.2)$$

$$F_b^2 = 1/2 (P_j u_b)^2 + 2/\pi u_b (2ur \cos\theta + 2vr \sin\theta) + r^2 (u^2 + v^2)$$

$$u_b = \pi H / (T \sinh kh)$$

$$P_j = 0.4 \sim 1.0$$

$$r = 0.5 \sim 1.0$$

$$f_w = \exp\{-5.977 + 5.213(a_w/R)^{-0.194}\}$$

$$k = 2\pi/L$$

$$a_w/R = 20 \sim 40$$

여기서

$P_j, r$  : 경계층내에서 속도분포를 고려하기 위한 보정계수

$f_w$  : 저면마찰계수

$K$  : 파수 (=  $2\pi/L$ )

$T$  : 파의 주기

$H$  : 파고

$u_b$  : 저면에서 파에 의한 수립자속도의 최대치

$R$  : Sand ripple의 높이

$a_0$  : 파랑 1주기간 최대 행정거리

이다.

한편 부유사의 평가는 1차원 확산 이론에 기초하여 산정한다.

$$\begin{aligned} q_{sx} &= C_o(\varepsilon_z/W_f)u \\ q_{sy} &= C_o(\varepsilon_z/W_f)v \dots\dots\dots (4.3) \end{aligned}$$

그런데  $C_o$ 는 Deguchi<sup>11)</sup>등의 실험결과에 의하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_o &= 0.347 N_c^{1.77} \\ N_c &= \frac{0.688u_w^2}{1.13(\rho_s/\rho - 1)g W_f T} \end{aligned}$$

여기서

$C_o$  : 시간평균한 기준점 농도

$u_w$  : 저면수립자 속도의 최대치

$\varepsilon_z$  : 연직방향 확산계수

$W_f$  : 모래의 침강속도

$T$  : 파랑의 주기

$\rho_s$  : 모래의 밀도

이다.

### V. 수치계산방법

파랑장의 기본방정식을 유한차분 양해법으로 차분화하여 반격자씩 엇갈린 staggered mesh 상에서 Watanabe와 Maruyama가 사용한 방법을 이용하여 수치 해석하였다.

초기조건( $t=0$ )으로서 해수면이 정수상태라고 가정한 방법을 택하여 각 격자점에서 수면변위  $\eta$ 와 선유량  $Q_x, Q_y$ 가 모두 0이라고 둔다. 경계조건으로서의 입의 반사율 경계, 투과경계 및 입사 경계를 설정하고 입사경계는 계산영역내에서 외부로 반사되어 나가는 선유량과 입사파에 의한 선유량이 함께 존재하는 것으로 하여 입사파와 무반사 투과경계의 선유량의 합으로 나타내고 시간적으로 보간하여 입사경계에서 선유량을 구한

다.

해빈류장의 기본방정식은 각 격자점에서 수심, 평균수위 및 라디에이션 응력값을 정의하여 평균 유속  $U$ 와  $V$ 는 staggered mesh 상에서 차분하여 A. D. I.법의 일종인 Leendertse법으로 수치해석하였다.

초기조건으로서 대상 전역을 정수상태라 가정하고 평균 수위 및 평균 유속의 값을 0이라 둔다. 경계조건은 심해경계, 구조물 경계, 측방경계 및 해안선 경계등이 있고 심해경계는 계산 영역의 외해에서는 평균유속 또는 평균 수위의 값이 0이라는 조건으로 사용한다.

구조물 경계조건은 경계에 수직인 방향의 유속 성분 및 경사를 0으로 하는 조건을 사용하며 측방경계는 Neumann 경계조건을 사용한다. 또한 해안선 경계는 파에 의한 평균수위상승(wave set-up)에 의해서 정선이 자유로이 움직이도록 이동경계(moving boundary)을 사용한다.

지형 변화 모델의 수치계산방법은 표사이동에 의한 퇴적 모델의 기초식인 식(4.71)에 파랑에 의한 소류사식과 부유사식을 대입하면 식(5.1)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} &= \frac{1}{1-\lambda} \left[ r \left( \frac{\partial q_{sx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sy}}{\partial y} \right) + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \right. \right. \\ &\left. \left. (q_{bx} + \varepsilon |q_{bx}| \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (q_{by} + \varepsilon |q_{by}| \frac{\partial h}{\partial y}) \right\} \right] \dots\dots\dots (5.1) \end{aligned}$$

윗 식을 양해법으로 차분화하게 되는데 이때 수심변화량  $h$ 와 표사량  $q_x, q_y$ 는 반격자 엇갈리게 staggered mesh scheme을 사용하여 정의된다.

Fig. 1에서와 같이 수치계산에서 사용된 영역은 파랑장의 경우는  $\Delta x = \Delta y = 10.0m$ 로서  $2.4(km) \times 2.2(km)$ 의 격자망을 구성하고 해빈류장 및 지형 변화 계산시는 계산시간을 단축하기 위하여 파랑장 계산의 결과에서 상하, 좌우 변동이 크지 않은 값들로 부터  $\Delta x = \Delta y = 10.0m$ 로서  $1.2(km) \times 1.6(km)$ 의 격자로 구성되어 있다.

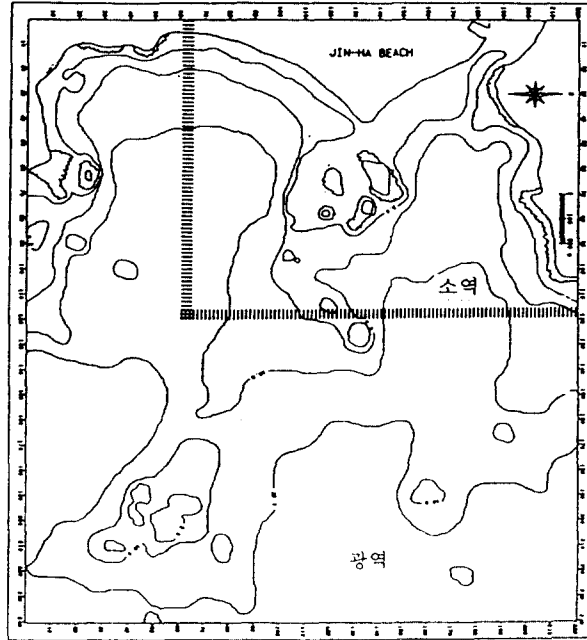


Fig. 1 Distribution of Depth contour

## VI. 수리모형실험

### 6.1 실험장치 및 방법

수조폭 10m, 높이 1.0m, 길이 25m의 3차원 조파수조를 사용하고 조파기는 규칙파인 FLAT형 조파기이며 또한 조파판에서 5m까지는 표사가 이동하지 않는다고 생각하여 고정상으로 하였고 표사가 이동하는 천해지역은 이동상으로써  $d_{50m} = 0.2mm$ 의 모형사를 깔아서 모형해빈과 현지해빈이 일치되게끔 실험수조상의 50cm×50cm의 격자점마다 강봉을 세우고 여기에 각 지점의 수심을 표시하여 정리하여 Table 1의 각 case의 파를 발생시켜 지형변동의 양상을 관측하였다.

### 6.2 모형축척의 결정

기하학적 축척은 실험수조의 크기를 고려하여 수평축척 및 연직축척을 1/100로 하였으며 저질 축척은 현지관측을 통한 저질사의 중앙입경( $d_{50}$ )이 0.4mm이므로 Yalin<sup>12)</sup>도표에서  $d_{50m} = 0.12mm$ 가 되나 이와같은 세사는 구할 수 없어 구할 수 있는

가장 가는 세사인  $d_{50m} = 0.2mm$ 를 모형사로 사용하였으며 시간축척은 수치계산과 비교하기 위해서 각 입사파랑이 10시간 내습했을때의 시간으로 결정하였다.

## VII. 현지해안의 적용

### 7.1 현지해안의 특성

본 연구의 대상해안은 경남 울산군 서생면 진하리에 위치하고 있으며 서생면 소재지에서 약 7 km 북방에 위치하고 있다. 모래사장길이 1000m, 폭이 약 40m로서 면적은 8770평(29000m<sup>2</sup>)에 달하고 있다. 그리고 육지로부터 160m 떨어진 거리에 거북등 모양의 조그만 섬 명선도가 있어 울산군민, 울산시민의 주요한 휴식처이다.

대상해역의 조위는 약최고 만조위, 대조 평균 및 소조 평균 만조위는 각각 68.6cm, 60.9cm 및 44.3cm이며 우리나라 동해안의 파랑 특성은 일반적으로 계절풍에 기인하여 발생하는데 동절에는 북으로부터, 하절에는 남으로부터 진행에 오는

파랑이 탁월하다.

대상해역의 사빈형상 및 해저 수심을 측정하기 위하여 육상측량과 해상측량을 실시하였다. 육상측량은 각 육상 측정 50m마다 level측량을 행하여 사빈단면을 측정하였으며 해상측량의 수심은 음향측심기(ECHO-SOUND)를 이용하였으며, 위치결정은 광파측정기(GTS-30)로 결정하였다.

측정된 수심관측치는 조석표를 이용하여 평균 해면(M. S. L)을 정수면으로 하여 수정하였으며 해저지형도는 Fig. 1과 같다.

## 7.2 접근방법 및 계산 case

일반적으로 표사의 이동양상은 태풍과 함께 고 파랑이 내습하는 경우는 일시적인 것이고 주로 해저지형을 지속적으로 변화시키는 파랑은 평상시에 해빈에도달하는 파랑과 이로 인한 해빈류이다. 이러한 관점에서 볼 때 표사이동의 주된 원인인 파랑과 해빈류를 수치실험을 통하여 예측하는데 필요한 정보는 대상해역에 출현빈도가 많으면서 쇄파대에서 해빈류를 강하게 발생시키는 비교적 파고가 높은 파랑이다.

이와 같은 표사이동 특성을 고려하여 수치 및 수리실험을 행할 때 필요한 계산 대상영역에 대한 case별 파랑입력 자료는 해역이 위치하고 있는 온산, 울산 근해의 파랑 특성을 검토하기 위하여 울산지방 해운항만청 자료를 사용하였으며 그 결과를 분석한 실험 case는 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental Case

| Case No. | Wave Height (m) | Wave Period (sec) | Wave Direction | Continuation time(hr) | Remarks   |
|----------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------|
| C-1      | 0.7             | 7.0               | E              | 10hr                  | 평상파       |
| C-2      | 1.8             | 8.5               | E              | 10hr                  | $H_{1.3}$ |
| C-3      | 2.0             | 10.0              | ESE            | 10hr                  | $H_m$     |
| C-4      | 1.52            | 8.0               | ENE            | 10hr                  | $H_m$     |
| C-5      | 3.05            | 8.5               | E              | 10hr                  | $H_{max}$ |

## VIII. 결과 및 고찰

회야강 하구 및 진하해수욕장을 중심으로 해빈 변형을 수치 및 수리모형실험으로 계산하였으며

본 연구에서는 파랑장과 해빈류장은 정상상태에 있다고 가정하여 결국 지형의 변화에 의한 파랑장과 해빈류장의 변화를 무시한다.

Table 1에 있는 각 case별 입사조건에 대해 파랑변형모델을 적용하여 계산한 후 해빈류 모델에서는 파랑변형모델의 각 격자점 계산 결과치 즉 파고, 파향 그리고 라디에이션 응력을 입력자료로 사용하여 차분 시간간격  $\Delta t=0.4\text{sec}$ 로 하고 수렴 조건은 한 주기전의  $U, V, \bar{\eta}$ 의 계산치와의 차이가 0.01이내로 들면 수렴하도록 하였다. 파랑장과 해빈류장의 계산결과로 부터 현지내습파랑 10hr후의 지형변동의 결과를 나타낸 것이 Fig. 2-Fig. 6이다.

또한 지형변화 수치계산의 결과치와 비교 검토하기 위하여 수리모형실험을 행한 결과를 정성적으로 나타낸 것이 Fig. 7-Fig. 11과 같다.

수치계산 결과에서는 퇴적현상은 실선으로 침식현상은 점선으로 나타내었다.

E계의 파랑이 탁월한 경우에 명선도 외해에 있는 암초 때문에 생기는 파의 변형이 해안선 부근까지 도달함을 알 수 있고 명선도 배후에서는 섬으로 인한 회절된 파가 양쪽으로 진행해 오면서 명선도 전면의 얕은 수심으로 쇄파가 발생하며 해빈류의 흐름은 명선도 주위에서 강한 흐름을 발생시키며 C-1의 지형변동 계산결과 명선도 전면 및 진하해수욕장 해빈부에 전반적인 침식현상이 일어나며 수리모형실험 결과와는 잘 일치하지 못하고 있다. 또한 C-2와 C-5의 경우 해빈류의 흐름은 외해에서 바라볼때 명선도 배후 육지 돌출부와 명선도 사이에서는 우측에서 좌측으로 흐름이 발생하며 하구에서는 와류가 발생하여 지형변동의 계산결과 퇴적현상이 일어나며 이 경우 수리모형실험 결과와 잘 일치하였다.

ESE계의 파랑이 입사하는 경우 수심변화로 인하여 명선도 쪽으로 파가 굴절되고 해빈류의 계산결과 흐름은 명선도 육지 돌출부와 명선도 사이에서는 외해에서 육지쪽으로 바라볼때 좌측에서 우측으로 흐름이 발생하며 지형변동은 명선도 좌측 및 진하해수욕장 해빈에서는 침식현상이 일어난다.

ENE계의 파랑이 입사하는 경우 명선도 전면에

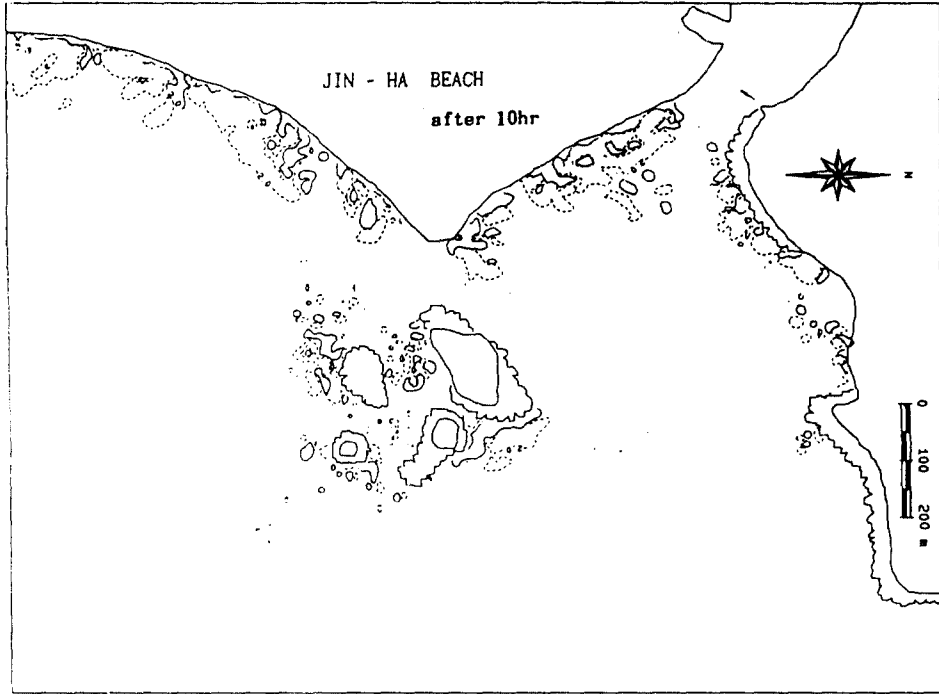


Fig. 2 Bottom Topography by Sediment Transport Model Test (Case-1)

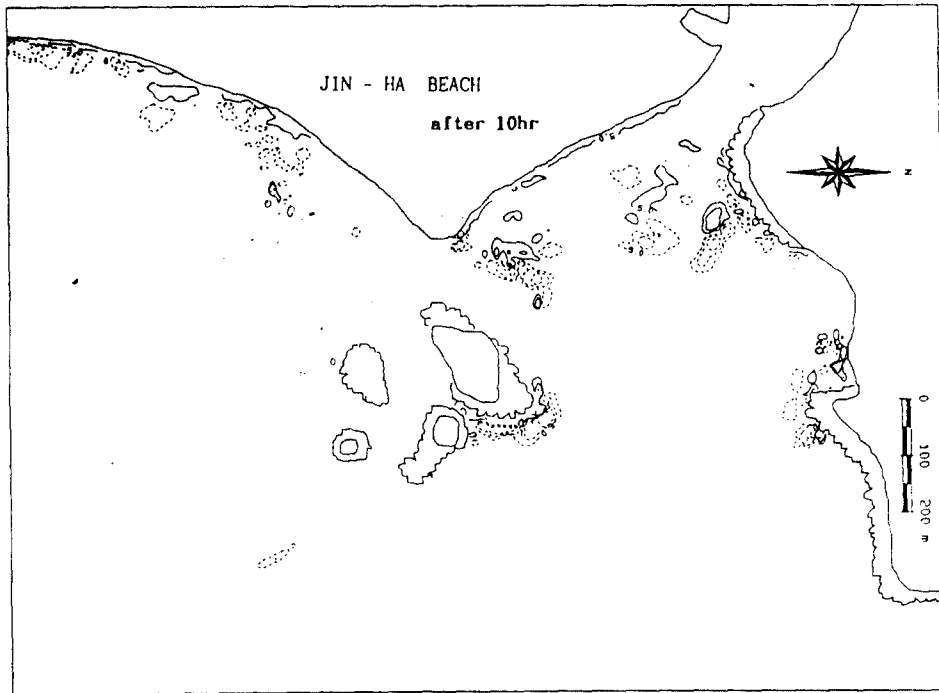


Fig. 3 Bottom Topography by Sediment Transport Model Test (Case-2)



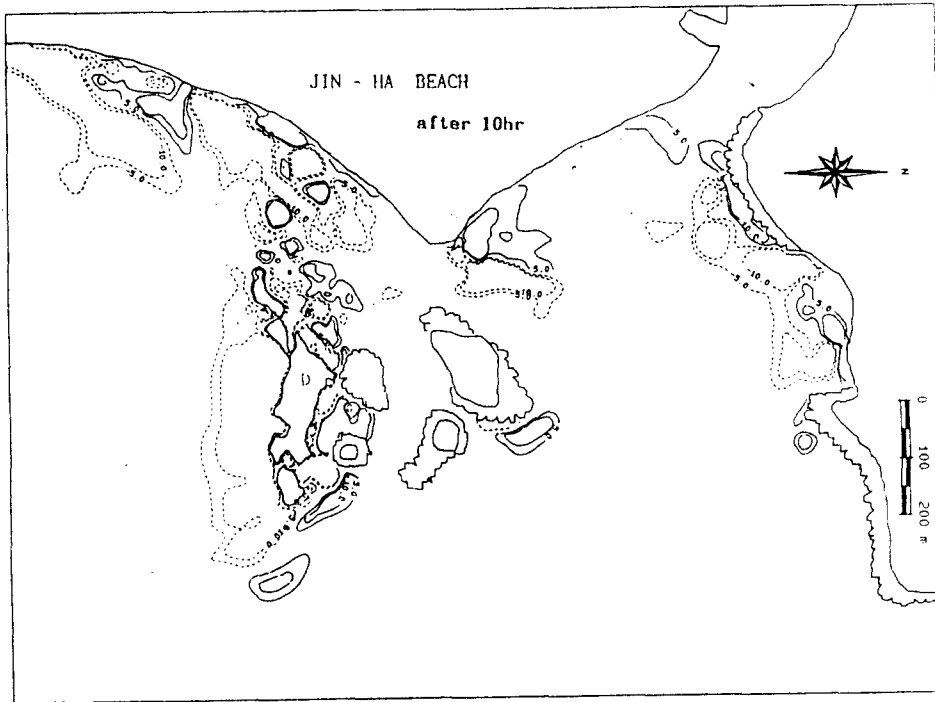


Fig. 4 Bottom Topography by Sediment Transport Model Test (Case-3)

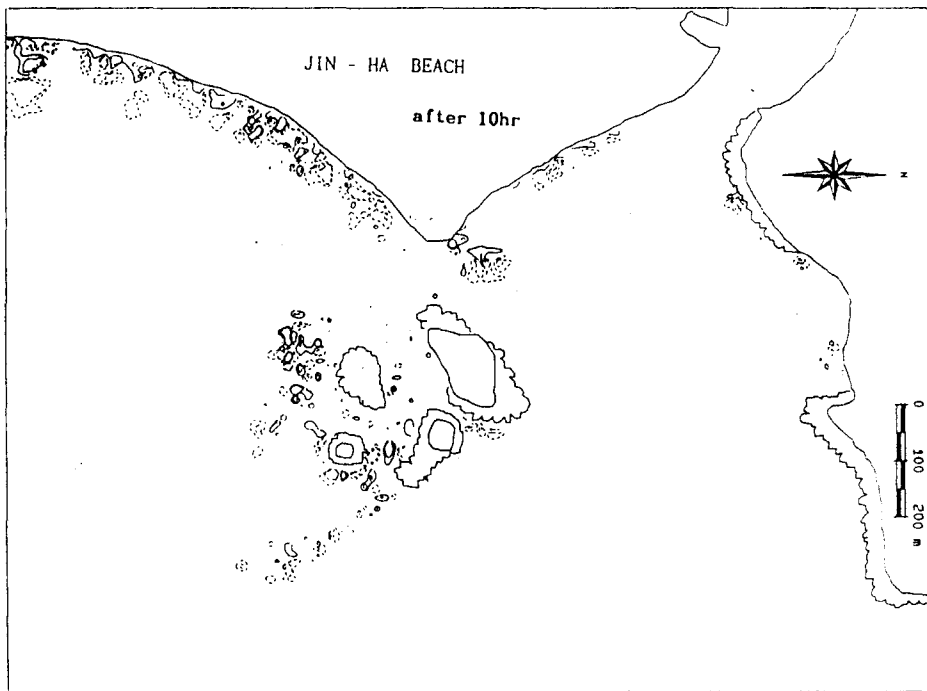


Fig. 5 Bottom Topography by Sediment Transport Model Test (Case-4)

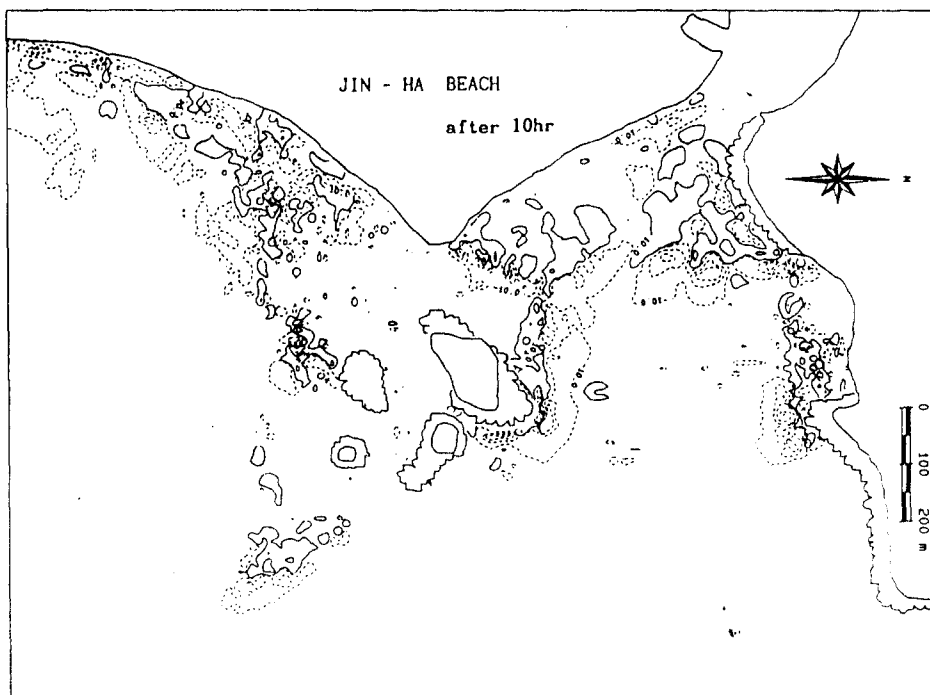


Fig. 6 Bottom Topography by Sediment Transport Model Test (Case-5)

서 회절된 파가 명선도 배후 양쪽으로 집중하며 해빈류의 계산결과 돌출부와 명선도 사이의 흐름은 ESE계와 동일하나 진하해수욕장 해빈에서는 해빈류 Cell이 형성되며 지형변동의 계산결과 진하해수욕장 해빈 전체에 걸쳐서 국소적인 변화가 일어나며 하구부에서는 지형변동이 거의 일어나지 않는다.

## IX. 결 론

회야강 하구 및 인접한 진하해수욕장을 대상으로 수치 및 수리모형실험을 행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. E계의 파랑이 입사하는 경우 회야강 하구부에서 퇴적현상이 일어난다.
2. ESE계의 파랑이 입사하는 경우 외해에서 바라볼때 명선도 좌측 및 진하해수욕장 해빈에서 침식현상이 일어난다.
3. ENE계의 파랑이 입사하는 경우 회야강 하구부에서는 표사이동은 거의 일어나지 않는다.

4. 명선도 전면해역에서는 파향에 관계없이 일반적으로 침식이 일어난다.

## 후 기

본 논문은 1992년 교육부지원 한국학술 진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음을 알리며 수치해석상 많은 도움을 주신 (주)한국해양과학기술 이석우 사장님께 감사드리며 원고정리를 도와준 박홍준, 배판공군에게 고마움을 전합니다.

## 참 고 문 헌

- 1) Berkhoff, J. C. W., "Computation of combined refraction-diffraction", Proc. 13th Coastal Eng. Conf. pp. 471~490, 1972.
- 2) Radder, A. C., "On the parabolic equation method for water-wave propagation", J. Fluid Mech., Vol. 95, pp. 159~176, 1979.

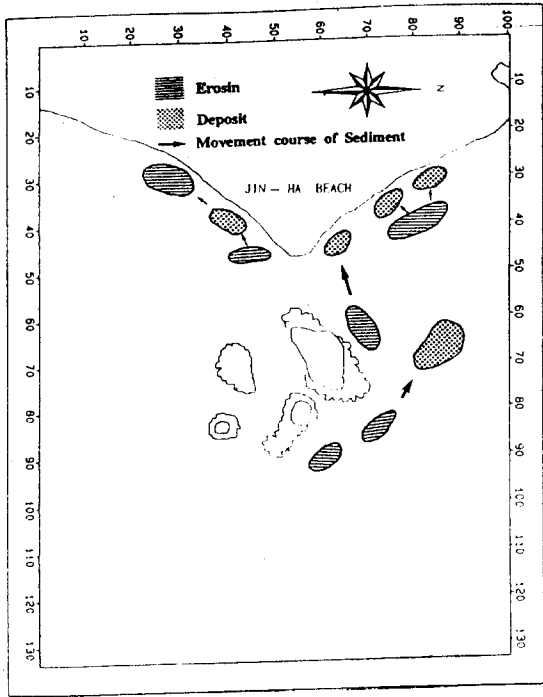


Fig. 7 Bottom Topography by Hydraulic Test (Case-1)

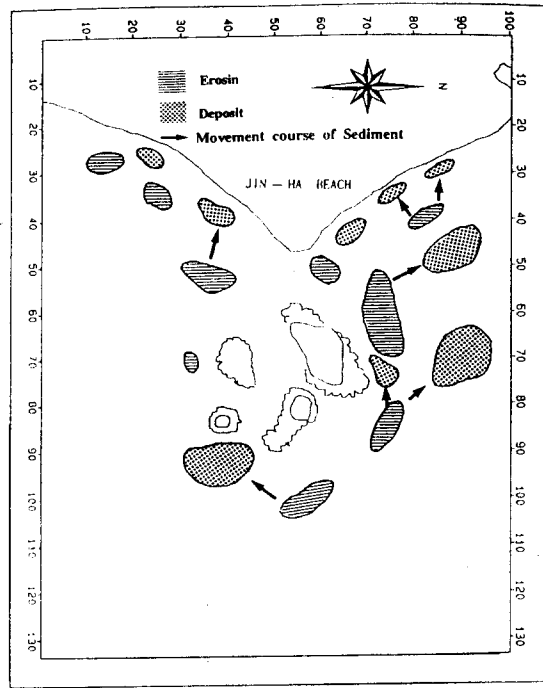


Fig. 8 Bottom Topography by Hydraulic Test (Case-2)

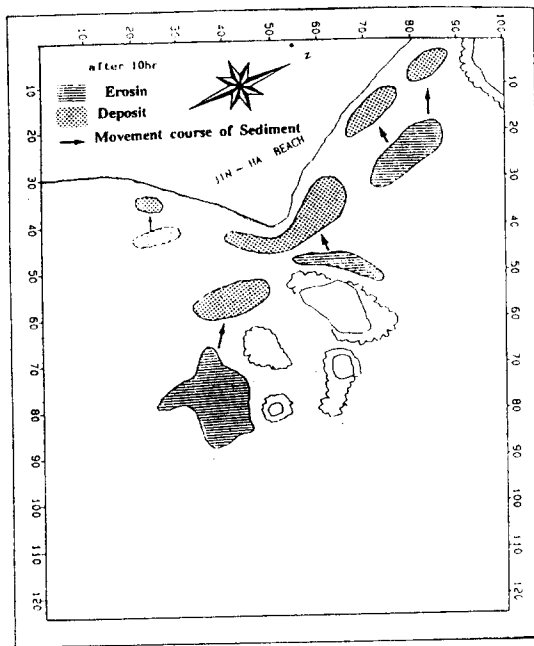


Fig. 9 Bottom Topography by Hydraulic Test (Case-3)

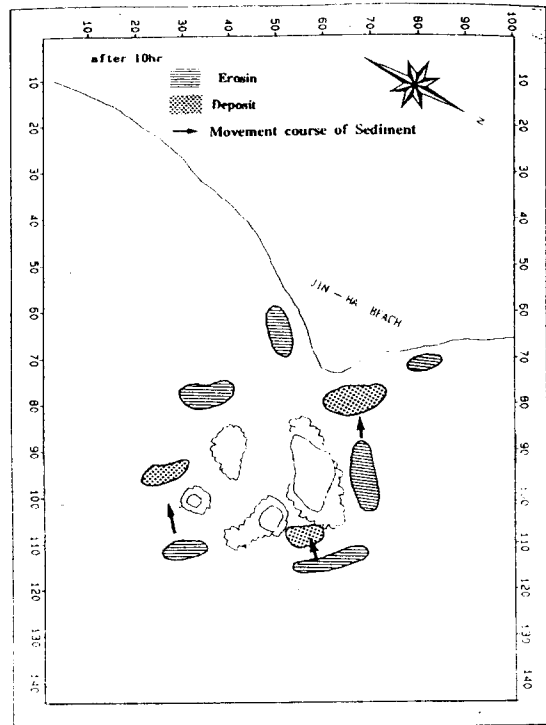


Fig. 10 Bottom Topography by Hydraulic Test

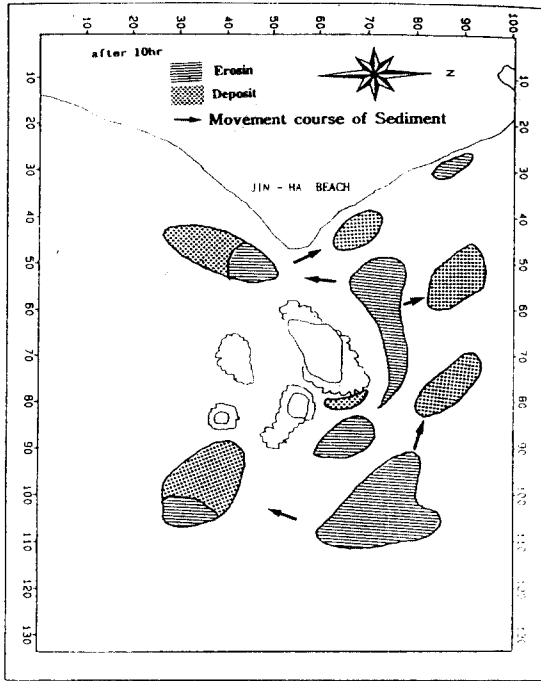


Fig. 11 Bottom Topography by Hydraulic Test (Case-5)

3) Lozano, C. J. and Liu, P. L.-F., Refraction-diffraction model for linear surface water waves. *J. Fluid Mech.*, pp. 705~720, 1980.  
 4) Copeland, G. J. M., "A practical alternative to the mild slope equation", *Coastal Eng.*, No. 9, pp. 125-149.  
 5) Maruyama, K. and R. Kajima, "Two Dimensional Wave Calculation Method Base on Un-

steady Mild Slope Equation", Electric Central Res. Inst. No. 384041(in Japanese), 1985.

6) Watanabe, A. and K. Maruyama, "Numerical Analysis of Combined Refraction, Diffraction and Breaking", *Proc. 31st Japanese Conf. on Coastal Eng., JSCE* pp. 103~107(in Japanese), 1984.  
 7) Izumiya, T. and K. Horikawa, "A New Model for Wave Energy Equation inside and outside the Surf Zone", *Proc. 30th Japanese Conf. on Coastal Eng., JSCE*, pp. 15~19(in Japanese), 1983.  
 8) Longuet-Higgins, M. S., "Longshore Cirrents Generated by Obliquely Incident Sea Waves", *J. of Geophy. Res.*, Vol. 75, pp. 6790~6801, 1970.  
 9) Watanabe, A., Maruyama, K., Shimizu, T. and Sakakiyama, T., "Numerical Pridiction Model of Three-Pimemsional Beach Deformation around a Structure", *Coastal Engeering in Japan*, pp. 179~194, 1986.  
 10) Horikawa, K.(ed), "Nearshore Dynamics and Coastal Processes", Univ. of Tokyo Press, 1988.  
 11) Deguchi, I., "A Basic on the Sedment Transpore and Beach Topography Changes", Ph. D. Thesis, UNIV. Osaka, 1984.  
 12) Yalin, M. S., "Mechanics of Sediment Transport", England Pergamon Press, pp. 6~71, 1972.