

연안역 개발에 따른 해안과정의 변화

이 중 우* · 이 상 진** · 이 호*** · 정 대 득****

The Change of Nearshore Processes due to the Development of Coastal Zone

J. W. Lee · S. J. Lee · H. Lee · D. D. Jeong

Key Words: 해빈류(Wave-induced Current), 유의파(Significant Wave), 이안류(Offshore Current), 연안류(Longshore Current), 천소(Shoal), 잉여운동량(Radiation Stress), 천수방정식(shallow water wave equation), ADI법(Alternating Direction Implicit Method)

Abstract

The construction of the coastal structures and reclamation work causes the circulation reduced in the semi-closed inner water area and the unbalanced sediment budget of beach results in an alteration of beach topography. Among the various fluid motions in the nearshore zone, water particle motion due to wave and wave-induced currents are the most responsible for sediment movement. Therefore it is needed to predict the effect of the environmental change because of development and so the prediction of wave transformations does.

The purpose of this study is to introduce the relation between waves, wave-induced currents and sediment movement. In this study, we will show numerical methods using energy conservation equation involving refraction, diffraction and reflection, and the surfzone energy dissipation term due to wave breaking is included in the basic equation. For the wave-induced current, the momentum equation was combined with radiation stresses, lateral mixing and friction. Various information is required in the prediction of

* 정희원, 한국해양대학교 공과대학 토목환경공학부 교수

** 정희원, 해양수산부 방제과

*** 정희원, 한국해양대학교 대학원 토목환경공학과

**** 정희원, 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

wave-induced current depending on the prediction tool. We can predict changes in wave-induced current from the distribution of wave, especially near the wave breaking zone. To evaluate these quantities, we have to know the local condition of waves, mean sea level, and so on. The results from the wave field and wave-induced current field deformation models are used as input data of the sediment transport and bottom change model.

Numerical models were established by a finite difference method, then, were applied to the development plan of the eastern Pusan coastal zone, Yeonhwa-ri and Daebyun fishing port. We represented the result with 2-D graphics and made comparison between before and after development.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

근래에 해안주변역은 교통과 생활활동의 장으로서 그 이용이 고도화되고 있으며, 새로운 항만의 건설과 대규모 매립 및 간척사업 등으로 인접해변의 침식과 매물현상 등이 많이 나타나고 있다. 특히 항만과 도서지역과 같은 반폐쇄성 해역에서는 해수순환의 저하로 인한 해양오염문제가 심각하고 이 중에서 해안선 및 해저지형의 변형에 대한 문제는 인위적인 구조를 가지고 있다. 이와 같은 인위적인 해안의 파괴 등을 경감시키거나, 방지하고, 적절한 해안보전정비를 효과적으로 추진해가기 위해서는 개발에 따른 자연조건의 변화와 구조물의 설치로 인한 해저지형의 변형 등에 대한 예측이 불가결하다 하겠다. 따라서 본 연구의 목적은 임의의 해빈지형을 가진 연안역의 개발예정지(Fig. 1참조)를 대상으로 하여 주어진 외해로부터의 입사파에 대응한 파랑장의 변화와 정상적인 해빈류장을 시뮬레이션하고, 이들로 인한 지형적 변화를 검토하기 위한 수치모델을 구성하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구내용 및 방법

파랑장 변형 모델은 Phillips(1966)가 도입한 불규칙 파랑의 굴절변형을 에너지평형방정식으로 해석

하는 방법을 택하였다. 파랑장 변형의 계산 결과를 입력자료로 연안역에서의 해빈류를 계산하여 해수 유동 형태를 파악하게 되고 모델을 구성할 때 중요한 것은 파랑의 존재로 인해 유체에는 한 주기 동안의 운동량유속(momentum flux)이 만들어지므로 Longuet-Higgins & Stewart (1964)의 잉여응력항을 도입하여야 하는 점이다. 표사 및 해저지형 변형모델에서는 파와 흐름이 공존하는 장에서의 표사이동량의 공간적인 불균일로 인해 수심변화를 가져와 지형변화에 이르게 되는 것으로 파랑장과 해빈류장의 모델계산에서 입력자료를 받아 수치적으로 계산하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 파랑 변형과 해빈류, 표사이동 및 지형변화와 관련되는 쇄파, 혼합, 마찰, 잉여응력과 같은 기구를 모두 결합한 수치모델을 구성하고 이를 현장에 적용하고자 한다. 수치모델의 구성은 유한차분법(FDM, Finite Difference Method)을 사용하여 접근하기로 한다. 연구대상영역으로는 최근 지방항으로 부각되고 있고, 인접해역을 대규모 관광 및 수산물 유통 단지로 개발을 기획하고 있는 동부산권역의 대변항과 연화리 일대로 한정하기로 한다.

2. 파랑장 변형 모델

실제의 파랑은 무수한 성분파의 합으로 구성되

며, 파랑에너지는 주파수는 물론 파향에 대해서 분포된다. 본 연구에서 파랑변형계산은 임의의 저면지형을 가지는 해역에서 방향스펙트럼을 가진 불규칙파랑의 굴절변형을 에너지 평형방정식(Phillips, 1966)으로 해석한다.

2.1 지배방정식

파랑에너지 보존식(1)을 사용하기로 한다.

$$\frac{\partial dE(k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \{dE(k)[u_i + (C_g)_i]\} + S_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = Q \quad (1)$$

여기서, $dE(k)$: 성분파의 단위면적당 에너지 밀도,
 C_g : 군속도(Group velocity)

$$C_g = \frac{C}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right],$$

S_{ij} : Radiation stress

i, j : 평면좌표계의 방향성분,

u_i : 평균류의 각 방향에 대한 유속성분,

Q : 외부에서의 에너지 유입

2.2 파랑의 방향집중도 도입

방향스펙트럼을 $D(x, y)$, 외부에서의 에너지 유입을 Q , 에너지 전파속도벡터를 \vec{V} 라고 하면 에너지 평형방정식은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \nabla \cdot (D\vec{V}) - Q = 0 \quad (2)$$

이 때, $\nabla = \left[\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial f}, \frac{\partial}{\partial \theta} \right]$

$$\vec{V} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_f \\ V_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_g \cos \theta \\ C_g \sin \theta \\ \frac{\partial f}{\partial t} \\ \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right) \end{pmatrix}$$

여기서, θ : 파향,

$f = 1/T$: 주파수

V_x, V_y : 파속의 공간적 변화

V_f : 주파수의 변화속도

V_θ : 파향의 변화속도를 나타낸다.

아울러, 여기서 1)파의 상태가 시간적으로 변화하지 않으며, 2)성분파의 주기가 변화하지 않고, 3)외부로부터 에너지를 받지 않는다고 가정하면 $\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial t} = Q = 0$ 이 되고 식(1)은 다음과 같이 정리될 수 있다(Goda, 1985).

$$\frac{\partial}{\partial x} (DV_x) + \frac{\partial}{\partial y} (DV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta} (DV_\theta) = 0 \quad (3)$$

식(3)은 해석적 풀이가 난해하므로 각 항을 차분화하고 D 에 관한 연립방정식을 세워 해당 경계조건을 적용한다. 결국 식(4)는 임의 지점에서의 파의 상태를 설명한다.

$$D(f, \theta) = S(f)G(f, \theta) \quad (4)$$

주파수스펙트럼 $S(f)$ 및 방향함수 $G(f, \theta)$ 에는 식(5)와 같이 Mitsuyasu형을 사용한다.

$$S(f) = 0.258 H_{1/3}^2 T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}] \quad (5)$$

$$G(f, \theta) = G_\theta \cos^{2S}(\theta/2) \quad (6)$$

파향스펙트럼의 관측이 어려운 경우에는 파향분산을 각 주파수별로 어느 방향의 대역에 파랑에너지가 집중되어 있다고 가정하여 다음과 같이 정리된 식으로 다룰 것을 권고하고 있다.

$$G_\theta = \left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \cos^{2S}(\theta/2) d\theta \right]^{-1} \quad (7)$$

식(5)에서 $\theta_{\max}, \theta_{\min}$ 은 각각 주방향으로부터 최

대 및 최소 편각을 나타내며, s 는 방향집중도를 나타내는 함수로 식(8)로 계산한다.

$$s = \begin{cases} s_{\max}(f/f_p)^5 & : f \leq f_p \\ s_{\max}(f/f_p)^{-2.5} & : f > f_p \end{cases} \quad (8)$$

단, $f_p = 0.94 T_{1/3}$

2.3 쇄파변형 고려

이상에서는 쇄파의 영향을 고려하지 않았으나 여기서는 Goda(1973, 1975)의 쇄파한계식을 사용한다. 실험곡선과의 오차는 10% 이내에 해당한다.

$$H_b/L_0 = A\{1 - \exp[-1.5\pi h_b/L_0(1 + K \tan^s \beta)]\} \quad (9)$$

여기서, $A = 0.12 \sim 0.18$ 의 범위이며, 본 연구에서는 $A = 0.15$ 를 적용한다. 또한, $K = 15$, $s = 4/3$ 이며, H_b 는 쇄파파고, h_b 쇄파수심, $\tan \beta$ 는 해저구배이며 0.01 이상으로 둔다.

3. 해빈류장 변형 모델

파랑으로 인한 연안류, 이안류 등 해빈류의 생성 및 변화 특성을 재현하고 항만건설 및 공유수면 매립시의 유황변화를 예측, 평가하기 위해 해빈류 계산은 단층 2차원 천수방정식에 파랑으로 인한 잉여 응력항을 더하여 지배방정식으로 사용한다. 평균류는 연직방향으로도 분포하며, 상하층이 상이한 방향으로 흐르기도 하지만 이를 3차원으로 취급하기는 어려우므로 연직방향으로 일정한 흐름을 가정하여 평면 2차원방정식을 해석한다. 한편 마찰항, 수평혼합항은 Nishimura(西村) 등(1982)의 연구를 참조한다.

3.1 지배방정식

평균류에 관한 연속방정식과 운동방정식은 식

(10)~식(12)와 같다.

연속방정식

$$\frac{\partial \bar{\eta}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h + \bar{\eta})u] + \frac{\partial}{\partial y}[(h + \bar{\eta})v] = 0 \quad (10)$$

운동방정식

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} + F_x + M_x + R_x = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + F_y + M_y + R_y = 0 \quad (12)$$

식(10)~(12)를 ADI법으로 차분화하여 정상상태에 도달할 때까지 계산한다.

여기서, x, y : x 축은 정선에 평행한 방향, y 축은 외해 방향을 양(+)의 방향

u, v : x, y 방향의 평균유속

$\bar{\eta}$: 정수면에서의 평균수위 변화량

R_x, R_y : Radiation stress

F_x, F_y : 파와 흐름에 의한 마찰항

M_x, M_y : 수평혼합항

1) Radiation Stress항(R_x, R_y)

R_x, R_y 는 radiation stress (S_{xx}, S_{xy}, S_{yy})를 사용하여 식(13)으로 나타낸다.

$$\left. \begin{aligned} R_x &= \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \\ R_y &= \frac{1}{\rho(h + \bar{\eta})} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix}$$

$$= E \begin{bmatrix} n(1 + \cos^2 \theta) - \frac{1}{2} & \frac{1}{2} n \sin 2\theta \\ \frac{1}{2} n \sin 2\theta & n(1 + \sin^2 \theta) - \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (14)$$

여기서,

E : 파의 에너지 밀도 ($\frac{1}{8} \rho g H^2$)

n : 군속도와 파속의 비 ($\frac{C_g}{C}$)

θ : 파의 입사각 (x 축에 대해 이루는 각)

2) 파와 흐름에 의한 마찰항 (F_x, F_y)

파와 흐름이 공존하는 장에서 저면마찰항은 다음에 표시한 Nishimura(1981)의 평가식을 사용한다.

$$F_x = \frac{f}{(h+\eta)} \left[\left(w + \frac{u_{wx}^2}{w} \right) u + \frac{u_{wx} \cdot u_{wy}}{w} v \right]$$

$$F_y = \frac{f}{(h+\eta)} \left[\frac{u_{wx} \cdot u_{wy}}{w} u + \left(w + \frac{u_{wy}^2}{w} \right) v \right] \quad (15)$$

여기서,

$$w = \frac{[(u^2 + v^2 + u_{wx}^2 + u_{wy}^2 + 2W)^{1/2}]}{2} + \frac{(u^2 + v^2 + u_{wx}^2 + u_{wy}^2 - 2W)^{1/2}}{2}$$

$$W = u \cdot u_{wx} + v \cdot u_{wy}$$

$$u_{wx}, u_{wy} = \frac{2}{\pi} \hat{u}_{wb} [\cos \theta, \sin \theta]$$

$$\hat{u}_{wb} = \frac{\pi H}{T \sinh k(h+\eta)}$$

단, f 는 파와 흐름이 공존하는 장에서 마찰계수를 나타내며 통상 0.01 정도의 값을 부여한다.

3) 수평혼합항 (M_x, M_y)

난류에 의한 수평혼합항 M_x, M_y 는 식(16)으로 표시된다.

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{xx} \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{xy} \frac{\partial u}{\partial y} \right) \\ M_y &= -\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{yx} \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_{yy} \frac{\partial v}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

여기서, $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{xy}, \varepsilon_{yx}, \varepsilon_{yy}$ 는 와확산계수이며, $\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{yx} = \varepsilon_{yy} = \varepsilon$ 으로 두면 Longuet-

Higgins의 평가식을 사용하여 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\varepsilon = N \frac{h+\eta}{S_0} \sqrt{g(h+\eta)} \quad (17)$$

여기서, N 은 0.01로 무차원수이며, 또한, S_0 는 해빈의 평형구배로 Nishimura의 연구결과를 적용한다.

4. 해저지형 변형 모델

쇄파대에서 표사의 이동으로 인한 해안선 및 해저지형의 변화, 항만매물 및 침식현상에 대한 예측 기법은 수치시뮬레이션, 수리모형실험 및 현장조사 등이 있으며, 세 가지를 동시에 활용하는 것이 가장 이상적이나, 연구의 추이상 수리모형에서 수치모델로 변화중이다. 본 연구에서는 수치모델의 개발과 적용에 국한한다.

파랑장이 높은 경우의 해빈류 계산 모델을 통해 흐름장을 계산하고, 국지 파랑과 흐름이 공존하는 조건에서 3차원 지형변화모델로 표사의 방향과 양을 계산한다. 또한 표사의 평면분포에서 저질량의 보존식에 기초한 각 위치점에서의 저면높이의 시간적 변화량을 산정한다.

4.1 표사의 연속방정식

해저지형변동에 관한 표사의 보존식은 다음 식(18)과 같이 나타낸다.

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} = -\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial q'_x}{\partial x} - \frac{\partial q'_y}{\partial y} \quad (18)$$

여기서, h 는 정수심, z_b 는 국지저면의 높이, x, y 는 수면상에서 취한 직각좌표계이며 표사량의 x, y 방향성분 q'_x, q'_y 는 해빈의 저면구배 효과를 고려하여,

다음과 같은 형(Watanabe,1986)으로 나타낸다.

$$\left. \begin{aligned} q'_x &= q_x - \epsilon_s |q_x| \frac{\partial z_b}{\partial x} \\ q'_y &= q_y - \epsilon_s |q_y| \frac{\partial z_b}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

이 때 q_x, q_y 는 연직방향으로 적분된 국지표사량이다.

$q_x = q_{ux} + q_{cx}$: x 방향의 파와 흐름에 의한 국지표사량

$q_y = q_{wy} + q_{cy}$: y 방향의 파와 흐름에 의한 국지표사량

$q_{ux}, q_{cx}, q_{wy}, q_{cy}$: 파와 흐름에 의한 국지표사량
 ϵ_s : 무차원계수

4.2 표사량의 평가식

1) 흐름에 의한 표사량

흐름에 의한 국지표사량 q_c 는 다음의 식으로 평가한다.

$$q_c = A_c \frac{(\tau - \tau_{cr}) \vec{U}}{\rho g} \quad (20)$$

여기서,

A_c : 표사량의 정도에 관한 무차원 계수(0.1~1.0),

τ : 저면마찰력의 최대치

τ_{cr} : 저질의 이동한계 마찰응력

\vec{U} : 평균류의 유속벡터

저면의 마찰속도를 사용하여 흐름방향의 표사량을 계산한다.

$$Q_c = A_c (u_*^2 - u_{*c}^2) \cdot \vec{U} / g \quad (21)$$

여기서, u_* : 저면마찰속도

u_{*c} : 저질이동한계 마찰속도,

따라서, 흐름에 의한 x,y방향의 국지표사량 q_{cx}, q_{cy} 는 식 (22)로 정리된다.

$$q_{cx} = Q_c U, \quad q_{cy} = Q_c V \quad (22)$$

2) 파랑에 의한 표사량

흐름과 같이 하여 순수국지표사량의 절대치 q_w 는 식(20)과 유사한 형태로 하여 다음과 같이 평가한다.

$$q_w = A_w \frac{(\tau - \tau_{cr}) \hat{u}_{wb}}{\rho g} \quad (23)$$

여기서, A_w : 표사량의 정도에 관한 무차원 계수 (0.1~1.0)

\hat{u}_{wb} : 파의 궤도유속의 진폭

한편, 저면의 마찰속도를 사용하여 파랑에 의한 표사량은 다음 식으로 계산된다.

$$Q_w = A_w (u_*^2 - u_{*c}^2) \cdot \hat{u}_{wb} / g \quad (24)$$

따라서, 국지표사량 q_{ux}, q_{wy} 는 식(25)로 정리된다.

$$q_{ux} = Q_w \hat{u}_{wb} \cos \theta, \quad q_{wy} = Q_w \hat{u}_{wb} \sin \theta \quad (25)$$

4.3 저질이동 한계마찰속도 (u_{*c})

파랑과 흐름이 공존하는 장에서 저질의 이동한계마찰속도 u_{*c} 를 설정한 shield수 $\Psi_m = \frac{u_*^2}{\Delta g d}$ 를 사용하여, 한계 Shields수 Ψ_c 에 의해 계산한다.

$$u_{*c} = \sqrt{\Delta g d \Psi_c} \quad (26)$$

이 때, $\Psi_c \approx 0.11$ (가는 모래)와 0.06 (굵은 모래)

의 중간치를 내삽에 의해 취함, Δ : 저질의 수중 비중 $=(\rho_s - \rho)/\rho$, ρ_s , ρ 는 각각 모래와 물의 밀도, d : 저질입경이다.

4.4 표사방향함수(F_d)

$$F_d = \tanh\left(\chi_d \frac{\Pi_c - \Pi}{\Pi}\right) \quad (27)$$

여기서, $\Pi = \frac{\hat{u}_{bw}^2}{\Delta g d} \cdot \frac{h}{L_0}$

F_d : 표사방향함수로 표사의 방향이 해안쪽인 경우에 양(+), 외해쪽인 경우 음(-)의 값

χ_d : 무차원계수로 표사의 방향변화점 부근에서 표사량의 변화정도

Π_c : 표사의 방향변화점에서 Π 의 값

L_0 : 심해파의 파장

방향함수를 도입한 x,y방향 표사량은 다음과 같다

$$Q_x = A_w \cdot F_d(u_w^2 - u_c^2) \cdot \hat{u}_{wb}/g \quad (28)$$

산의 독립된 모듈로 구성된다. 계산과정은 우선 초기조건으로 해저지형 및 건설 및 개발예정의 구조물과 매립영역의 자료가 입력되며, 평균조위와 외해개방경계에서의 입사파 조건으로부터 굴절, 천수 변형, 구조물에 의한 반사나 회절, 나아가서는 쇄파 변형을 고려하여 계산을 실행한다. 이의 결과로부터 해빈류장의 계산에서 사용하게될 잉여응력과 표사량 계산에 필요한 저면파동유속 등이 설정한 계산영역내의 각 지점에서 구해진다.

파랑장의 계산에 이어 해빈류장의 계산에서는 잉여응력분포를 외력조건으로하여 평균류와 평균수위에 관한 운동방정식과 연속방정식을 영역내의 경계조건에 따라 해석하여 평균류와 평균수위를 구한다.

구해진 파랑장과 해빈류장은 해저지형변형 모델에서 표사에 대한 외력조건이 되고, 각점에서의 저질조건과 함께 파랑과 흐름의 공존하에서 표사량의 분포를 얻어서, 최종적으로는 저질량의 보존법칙을 적용한 각 지점에서 주어진 예측기간동안 시

5. 수치시물레이션

5.1 수치모델 수립

대변항과 연화리 해역에 대한 모델구성은 대변 외항의 계획방파제 북단에서 1.6km 떨어진 직선 해안에서부터 대변항을 포함하여 연화리의 원양대 및 오랑대를 포함한 좌측 해안경계와 남단 오랑대에서 동쪽 방향에서 1.7km 떨어진 최고 수심 35m 정도가 되는 해역까지를 개발경계로 하는 2.4km×3.6km의 사각형 영역을 대상으로 한다. (Fig. 1참조)

수치시물레이션은 Fig. 2의 흐름도와 같이 진행된다. 모델은 크게 세부분으로 나누어 파랑장의 계산, 해빈류장의 계산, 표사량 및 해저지형변형의 계



Fig. 1 Daebyun Harbor development and Yeonhwa reclamation plan

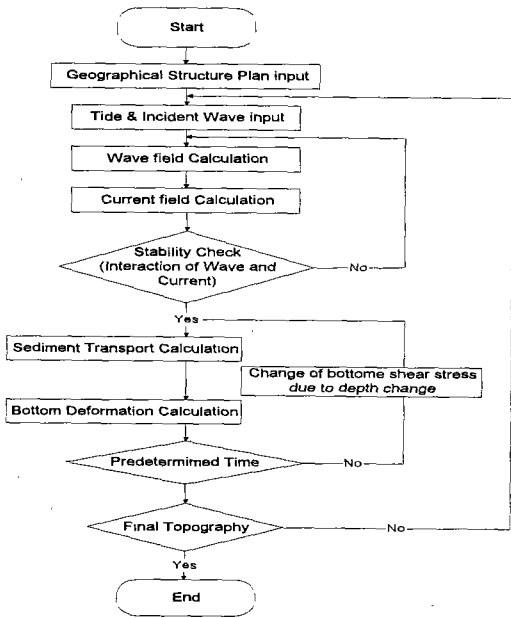


Fig. 2 Flow chart for numerical model simulation

간에 따른 해저면의 높이를 추산하게 되는 것이다. 격자구성 및 경계 등은 Table 1과 같이 설정하며 이는 파동장, 해빈류장 및 해저지형변화를 분석하기 위한 모델에 같이 적용하기로 한다.

Table 1 Applied parameter for numerical model step

구 분	대변항 및 연화지구
계산 범위	2.4km × 3.1km
격자체계	$\Delta x = 25m$, $\Delta y = 25m$
격자수	97 × 143
개방경계조건	천해설계과

5.2 수치실험 및 분석

수치실험에서는 NE, E, SE 파향과 천해설계과 및 폭풍시의 유의파 등으로 다양한 실험이 이루어졌으나 천해설계과가 NE방향으로 작용한 때의 결과만 제시한다.

Daebyun Harbor & Yeonhwa Area (1) - present

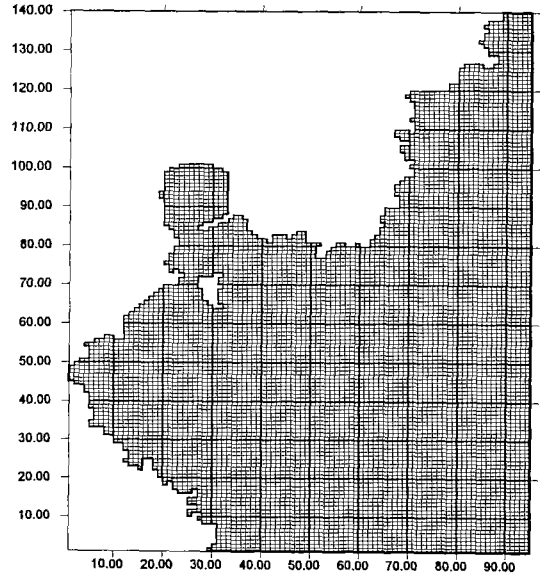


Fig. 3 Finite difference grid for Daebyun Harbor and Yeonhwa area (before development)

Daebyun Harbor & Yeonhwa Area (2) - new

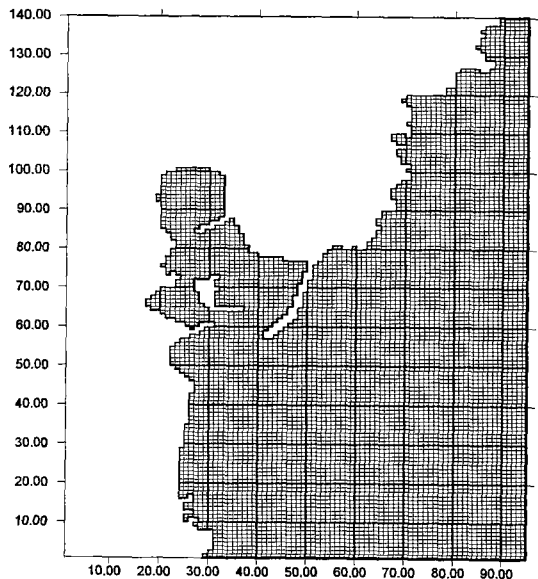


Fig. 4 Finite difference grid for Daebyun Harbor and Yeonhwa area (after development)

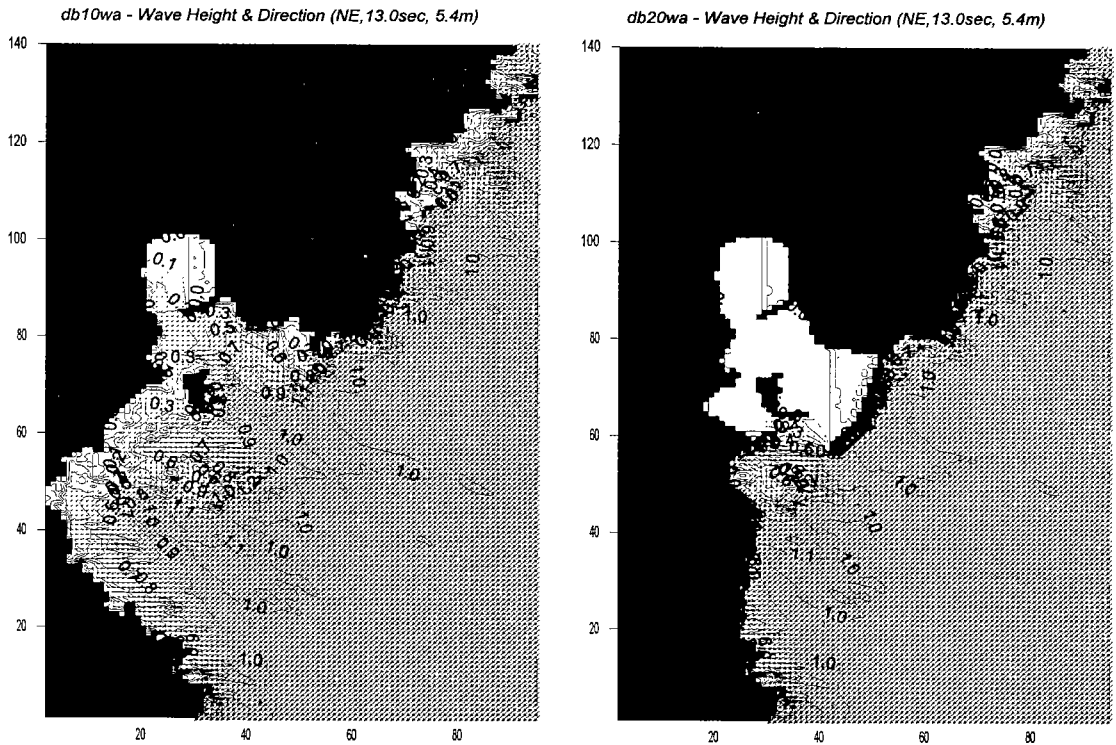


Fig. 6 Calculated wave amplification factor and direction (Before and after harbor development, NE, 13.0sec, 5.4m)

1) 파랑장 변화 수치실험

13.0sec(5.4m)의 입사파로 주방향인 NE방향에 대한 결과를 2차원으로 나타내었고, 그에 대한 결과는 Fig. 5와 같다. NE파향에 대해 항만내에는 정온한 상태이며, 수심이 낮은 연화리 전면 해상에서 파고비가 증가하고, 굴절로 인해 파향은 복잡한 양상을 나타낸다.

2) 해빈류장 변화 수치실험

대변항 개발 전후에 대해 설계파인 13.0sec(5.4m) 입사파의 NE파향에 대한 결과는 Fig. 6과 같다. 대변항 외쪽 북측 해안선에서는 외항방파제 계획구간의 수심이 얇은 shoal과 대변리의 돌출된 해안의 샷갯바위, 파래지굴 등 일부구간에서 이안류가 발생하지만 연화리 전면해상의 얇은 shoal에

서보다는 약하다. 연화리구의 삼각형 만입지점을 기준으로 E에서 해안선 방향으로 해빈류가 작용하나 해안선에서는 남북쪽에 순환형의 연안류가 발생하고 남북쪽에서는 원앙대 및 오랑대까지 연안류 및 이안류가 반복되어 나타나고 있으나 연안류가 강한 편이다.

3) 해저지형 변화 수치실험

5.2절의 1) 및 2)에서 파랑장 및 해빈류 모델계산의 결과를 초기입력치로 다루어 파랑장 및 해빈류에 의한 표사이동 및 지형변화의 수치계산을 수행한 결과, 흐름의 급격한 변화가 표사 및 해저지형의 변화에 상당히 영향을 미치므로 현장의 흐름장을 높게 산정할 필요가 있다.

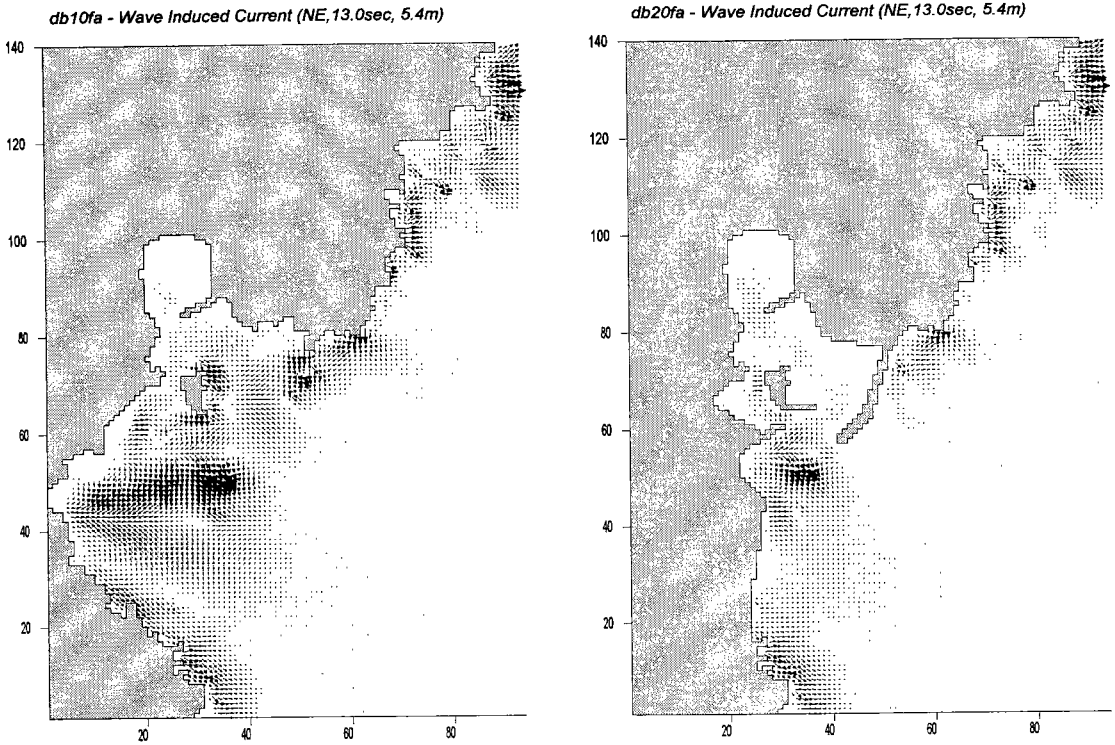


Fig. 7 Calculated Wave-induced Current (Before and after, NE, 13.0sec, 5.4m)

대변항 및 연화리 공유수면의 개발 전후에 대해 설계과를 입력으로 한 표사 및 해저지형의 변화를 NE파향에 대해 2차원 및 3차원 모델로 나타내었고 그에 대한 결과는 Fig. 8, Fig. 9와 같다.

표사 및 지형변화 계산 모델에서는 파고가 낮을 수록 파랑에 의한 지형변화가 지배적이며, 파고가 커질 경우는 연안류가 더 영향을 미친다. 대부분 해역에서 지형변화가 매우 크며, 이는 입력 파고가 현장파고보다 높은 것을 적용했기 때문이다.

6. 결론 및 제언

본 연구에서는 항만개발과 대규모 매립에 따른 해안선의 변화가 급격하게 일어나고 있는 종합개

발계획을 추진할 때 수반되는 타당성 및 문제점을 찾아내기 위한 수단으로 수치시물레이션을 실행하는 것을 골자로 하고 있다.

모델의 적용을 동부산권의 대변항의 항만계획과 인접해역의 공유수면 매립으로 인한 파랑 및 해빈류장의 변형특성 검토, 토사의 이동 및 퇴적, 침식에 따른 해저지형변화 등에 관한 수치 시물레이션으로, 시물레이션 실행 후 이들의 종합적인 분석결과를 요약하였으며 항만 및 연안역개발에 필요한 해안과정의 변화를 예측하는데 적절히 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

수치 시물레이션을 통해 항만 및 공유수면매립 기본계획에 대한 검토결과 대변 및 연화리 지구에서의 개발 및 정비 안은 무리가 되지 않는 범위에서 추진 할 수 있는 것으로 검토되었다.

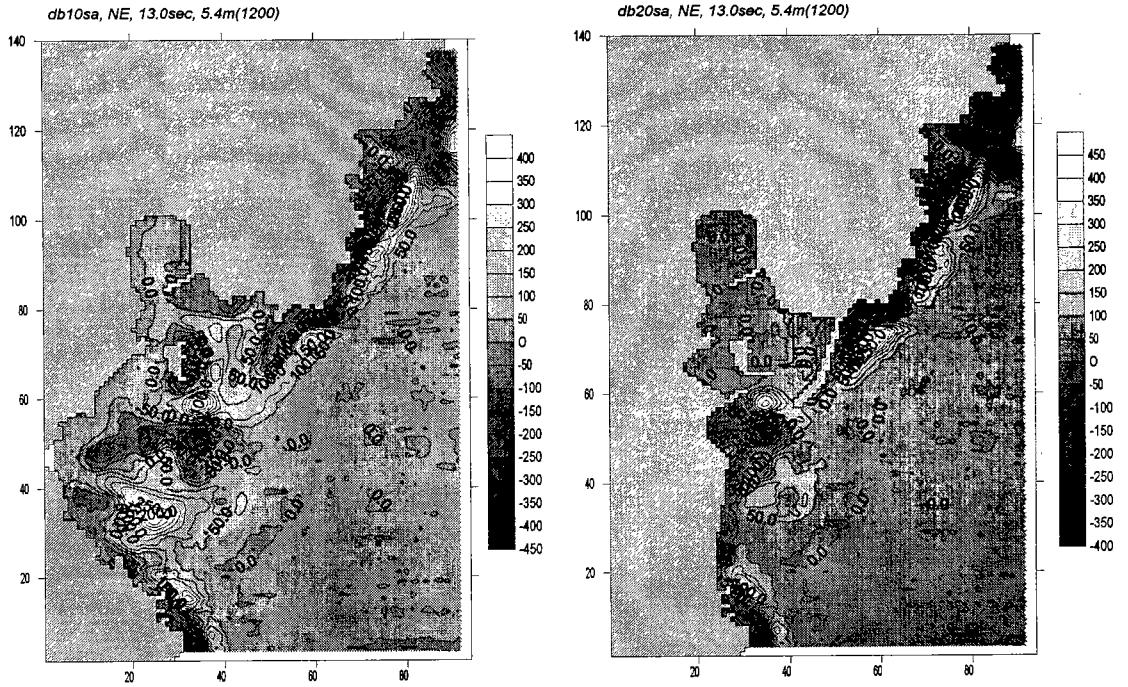


Fig. 8 Contour map of bottom deposition and erosion (Before and after development, NE, 13.0sec, 5.4m)

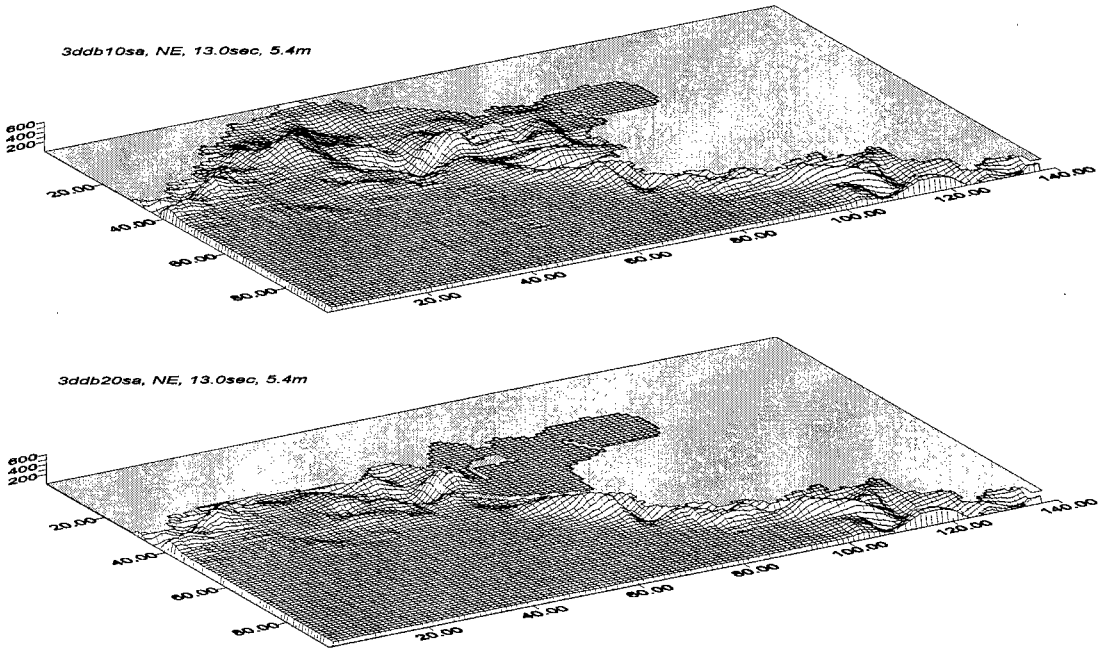


Fig. 9 3-dimensional topographic change (Before and after development, NE, 13.0sec, 5.4m)

3차원 해저지형 변형모델은 1개월 이하와 같은 단기간의 해저지형 변형을 예측하기 위한 것이므로 이를 적용할 때에는 수일간에 걸친 수시간 동안의 파고, 주기, 파향 자료가 필요하며 예측계산을 위한 파랑자료는 대상 해안에서 나타날 수 있는 것 중에서 가장 극한 파랑조건 등을 고려하여 설정하는 것이나 이와 같은 조건을 합리적으로 설정하기 위해서는 적어도 수년간에 걸쳐 특별한 상황에서 신뢰성 있는 파랑 및 조석 자료를 수집, 정리해 두어야 한다.

또한, 장래 예측을 실시하기 이전에 과거의 자료를 활용하여 모델 중의 각종 계수를 검정하여야 하며 불규칙파를 그대로 적용할 수 없으므로 어떠한 대표파를 찾아 이의 제원을 모델에 추가하는 작업도 뒤따라야 한다.

참고문헌

- 1) 김규한, 백승화, 편종근, 해빈변형모형을 이용한 항내매몰예측, 한국해안·해양공학회지 제9권 제4호, pp. 201-207, 1997.
- 2) 合田良實(Goda), 淺海域における波浪の碎波変形, 港灣技術研究所報告 第14号, pp. 59-196, 1975.
- 3) 西村仁嗣(Nishimura), 岩石海岸における海浜流の数値モデル, 堀川清司編, 海岸環境工学センター報告 No. 13, pp. 140-147, 1981.
- 4) 西村仁嗣(Nishimura)·丸山康樹 等, 海浜流の数値計算法について, 第31回 海岸工学講演會論文集, pp. 396-400, 1984.
- 5) 渡辺晃(Watanabe), 丸山康樹, 清水陸夫 等, 構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値豫測モデル, 第31回 海岸工学講演會論文集, pp. 406-410, 1984.
- 6) Longuet-Higgins, Longshore currents generated by obliquely incident sea waves 2, J. Geophys. Res., Vol. 75, No. 33, pp. 6970-6801, 1970.
- 7) Komar, P.D. and D.L. Inman, Longshore sand transport on beaches, J. Geophys. Res., Vol. 75, No. 30, pp. 5914-5927, 1970.