

식생모형에 의한 항로매몰 저감 특성

† 이성대 · 김성득* · 김익현*

† 한라대학교 토목공학과 교수, * 울산대학교 건설환경공학부 교수

Reduction Effect for Deposition in Navigation Channel with Vegetation Model

† Seong-Dae Lee · Seong-Deuk Kim* · Ick-Hyun Kim*

† Department of Civil Engineering, Halla University, Wonju 220-712, Gangwon, Korea

* Department of Civil and Environment Engineering, University of Ulsan, Ulsan 606-791, Korea

요 약 : 연안 해역에 분포하는 식생은 연안 생태계의 다양성을 유지하면서 해저에 고정되어 이들 연안식생은 파랑을 감쇠할 뿐 만 아니라 표사이동 및 해저변동을 저감하는 역할을 하고 있다. 이같은 관점에서 식생모형은 경관이나 연안해역에 영향을 최소화 하면서 파랑을 저감하거나 해저바닥을 안정시키는 효과적적인 방법 중의 하나이다. 본 연구에서는 파랑에 의한 항로 매몰특성을 해석하기 위해 수치 및 수리모형 실험을 통해 검토하였으며 이를 위해 사용된 수치모형은 항로 전 후면부에 식생 유무에 따른 파랑감쇠 및 해저지형 변동 특성을 해석하기 위해 개발되었다. 수치모형실험의 결과와 비교를 위해 항로매몰 저감을 위한 식생모형의 효과를 파악하기 위하여 수리모형실험을 수행하였으며, 이들 실험 결과 식생이 항로 매몰 저감에 효과적임을 확인하였다. 그리고 수치 및 수리모형 실험 결과가 대체적으로 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 식생모형, 항로매몰, 수치 및 수리 실험, 매몰저감

Abstract : Coastal vegetation consists of rooted flowering marine plants that provide a variety of ecosystem services to the coastal areas they colonize. The attenuation of waves and sediments stabilization are often listed among these services. From this point of view, artificial vegetation model is an effective method of controlling sea bed and stabilization without damaging the landscape or the stability of the coastline. In this study, numerical and hydraulic physical test for predicting deposition process of a navigation channel caused by wave action is proposed. In the numerical model, we develop a numerical model for describing the wave attenuation and sediment transport in a navigation channel with a vegetation area. In addition, hydraulic model tests is performed in a navigation channel with irregular waves to examine the effect of vegetation in relation to deposition reduction in navigation channel. A comparison between the results of hydraulic and numerical tests shows reasonable agreement.

Key words : Vegetation model, Depositional process of navigation channel, Numerical and hydraulic model tests, Deposition reduction

1. 서 론

항로는 선박이 항해할 때 이용하는 경로로 안정성과 편의성이 확보되어야 한다. 특히 항만 인근에 수심이 낮은 해역에서는 안정성 확보를 위해 준설을 해야 한다. 준설된 항로는 선박이 안전하게 항해할 수 있는 적정 수심과 폭이 유지되어야 하지만 바람, 파랑, 조류 등의 외력에 의해 항로사면이 붕괴되거나 해저질의 침강 및 부유, 이동 등에 의한 항로매몰로 기능을 서서히 잃어간다. 따라서 항로의 기능을 유지·관리하기 위해 매몰된 토사를 지속적으로 준설하고 있는 실정이며, 매몰량이 많아지면 유지준설을 위한 재정적 부담도 비례하여 증가하며 항만관리의 측면에서도 많은 문제가 있다. 그리고 항로 길이가 수 km에 이르는 경우가 많기 때문에 준설량이 매년 수십만 m³ 이상이 되는 해역도 적지 않다. 우리나라 주요

항만의 연간 준설토 발생량은 1980년도에 약 2,347천m³ 이었으나 90년대 이후 급격히 증가하는 모습을 보였으며 1998년에는 6,450천m³에 달하였고, 2006년에는 40,755천m³로 급증하고 있는 실정이다(해양수산부, 2007). 따라서 많은 전문가들은 이와 같은 항로 매몰에 대한 유지준설 주기를 연장하기 위한 대책을 연구중이며, 이에 대한 예로 항로의 주위에 매몰방지용 잠제를 설치한 사례도 있다(鶴谷, 1989).

항로매몰에 관한 연구는 해저질이 점토나 실트 등의 미세한 토사인 경우와, 모래 등의 사질토인 경우로 구분할 수 있다. 특히 미세입자의 항로매몰에 관한 연구는 퇴적물의 재부상과 침강을 siltation 관점에서 검토하여야 한다(Abeshima et al, 2007). 사질토의 경우에는 표사에 의한 침·퇴적예측을 통해 표사매몰을 검토되고 있으나(김 등, 1996), siltation이나 표사에 의한 항로매몰 방지대책에 관한 연구는 그다지

† 교신저자 : 정회원, sdlee@halla.ac.kr 033)760-1264

* 연회원, sdkim1@ulsan.ac.kr 052)259-2256

* ickhyun@ulsan.ac.kr 052)259-2278

많지 않다. 본 연구에서는 해저지반이 사질토인 경우 발생하는 항로 표사매물에 대해 해석하고 식생모형을 통한 항로매물 방지 특성을 검토한다. 연안에서의 식생은 파랑의 감쇠뿐만 아니라 연안에서의 침식과 퇴적에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(이, 2007; 이, 2008; 이 등, 2008). 해안식생에 의한 파랑의 거동 및 표사제어 특성에 관해서는 Mendez and Losada(2004), Asano(2006) 등의 수치적 접근법과 다양한 실험적 연구가 이루어지고 있다(Sugahara and Nagai, 1994). 항로의 표사매물은 항로의 수심, 항로경사와 같은 지형적인 조건과 입사파 및 흐름 등의 조건이 영향을 미칠 것으로 판단되며 특히 흐름이나 파랑에 의한 항로경사부의 붕괴와 부유 및 소류사의 항로내 매물이 예상된다. 본 연구에서는 입사파랑에 의한 항로매물 특성을 의한 파랑변동 및 표사이동, 항로매물의 해석을 위해 표사 및 지형변동에 관한 Bailard(1981)와 Watanabe et al(1986)의 모형을 적용하여 수치해석 하였으며 결과를 검증하기 위해 수리실험을 수행하였다. 그리고 항로 양측에 식생이 존재하는 경우 표사의 항로매물 특성을 해석하였다.

본 연구에서는 수치 및 수리실험의 타당성을 검토하기 위해 동일한 형상을 가진 항로에 일정한 주기와 파고를 가진 파가 침입하는 것으로 설정하였고 식생밀도는 균일하게 분포하는 것으로 가정하였다.

2. 수치해석

2.1 지배방정식

연안식생군락을 전파하는 파랑거동 해석을 지배하는 기초 방정식은 다음과 같은 연속방정식과 운동량방정식으로 나타낼 수 있다(Asano et al, 2005).

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{n} \frac{\partial(nM)}{\partial x} + \frac{1}{n} \frac{\partial(nN)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{du}{dt} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (2)$$

$$\frac{dv}{dt} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (3)$$

여기서 η 는 자유수면변위, M, N 은 각각 (x, y) 방향의 선유량을 나타내며, $n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right]$, f 는 편향력 계수이며 본 연구에서는 무시하였다. 또한, (x, y, z) 는 좌표축으로 (x, y) 는 평면을, z 는 자유수면상의 연직상방을 그리고 (u, v, w) 는 (x, y, z) 방향의 각 유속성분, p 는 압력, A_h 는 수평 확산계수, A_v 는 연직방향 와동점성계수를 각각 나타낸다.

연직방향 와동점성항은 식생영역의 저면전단응력과 식생이 없는 영역의 저면전단응력으로 나누어, 수심방향으로 적분하면 (1)식과 함께 다음과 같은 비정상완경사 방정식이 된다.

$$\frac{\partial M}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{\tau_x}{\rho} + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial y} = -\frac{\tau_y}{\rho} + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

여기서 c 는 파속이며, (4), (5)식의 우변 제1항의 τ_x, τ_y 는 저면마찰력과 식생군락에 의한 유체저항항의 합이라고 가정하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\tau_x = \frac{f_o}{2} |QM/h^2 + \frac{f_v}{2} |QM/h^2 \quad (6)$$

$$\tau_y = \frac{f_o}{2} |QN/h^2 + \frac{f_v}{2} |QN/h^2 \quad (7)$$

여기서, $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$, f_o 는 저면마찰계수 그리고 식생에 의한 항력계수 f_v 는 차원적으로 같다고 하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{f_v}{2} u|u| = \frac{C_D}{2} \int_{-h}^0 N d_0 dz u|u| \quad (8)$$

여기서 C_D 는 식생의 항력계수($C_D=1.0\sim 2.0$), N 은 식생밀도(단위면적당 식생수), A_v 는 하나의 식생당 흐름에 대한 투영면적, d_o 는 식생의 직경이다. 그리고 수치계산시 식생이 존재하는 영역내의 저유속부와 식생이 없는 영역의 고유속부의 운동량 교환은 유속경사에 비례하는 확산항으로 나타내었다.

파동장의 해석 결과로부터 해저 변동을 위한 표사량에 관한 해석이 가능하다. 파랑과 흐름이 공존하는 해역에서의 표사량 해석은 Bagnold(1956)의 에너지 모형을 해역에 적용한 Bailard(1981)모형과 부유사와 소류사를 분리하여 정식화하는 Flux모형(Sawaragi et al, 1984) 등이 사용되고 있으나 본 연구에서는 현지관측을 통한 파랑, 저질입경 및 지형변화의 적용성이 상대적으로 우수한 Bailard의 모형을 사용하였다.

본 모형에서는 전표사량을 소류사 i_b 와 부유사 i_s 의 합으로 나타내었으며 이들은 다음과 같이 해저면에서의 물입자속도 \vec{u}_c 로 각각 나타내었다.

$$\langle \vec{i}_b \rangle = \rho c_f \frac{\epsilon_b}{\tan \phi} \left[\langle |\vec{u}_c^2| \vec{u}_c \rangle - \frac{\tan \beta}{\tan \phi} \langle |\vec{u}_c^3| \vec{i} \rangle \right] \quad (9)$$

$$\langle \vec{i}_s \rangle = \rho c_f \frac{\epsilon_s}{W} \left[\langle |\vec{u}_c^3| \vec{u}_c \rangle - \frac{\epsilon_s}{W} \tan \beta \langle |\vec{u}_c^5| \vec{i} \rangle \right] \quad (10)$$

여기서 $\langle \rangle$ 는 1주기 파랑의 평균을 의미하며 ϵ_b, ϵ_s 는 표사량계수, $\tan \beta$ 는 해저경사, ϕ 는 저질입자의 내부마찰각, W 는 저질입자의 침강속도, ρ 는 물의 밀도, c_f 는 해저마찰계수이다.

(9), (10)식으로부터 전표사량 $\vec{i} = \vec{i}_b + \vec{i}_s$ 가 구해지면 지형변화는 저질이동의 영향을 고려한 다음과 같은 식을 통해 얻을

수 있다(Watanabe et al, 1986).

$$\frac{dz_b}{dt} = -\frac{1}{\rho g(1-\lambda)} \left(\frac{\partial}{\partial x} (i_x - \epsilon|i_x|) \frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} (i_y - \epsilon|i_y|) \frac{\partial z_b}{\partial x} \right) \quad (11)$$

여기서 z_b 는 저면바닥 높이, λ 는 저질입자의 공극율, ϵ 은 정수를 그리고 i_x, i_y 는 각각 x, y방향의 전포사량을 나타낸다.

2.2 수치해석

수치계산은 비정상 환경사방정식으로 나타난 연속방정식, 식(1)과 운동방정식인 식(4), 식(5)를 유한차분식으로 나타내어 해석하였으며 공간차분에는 수위 η 와 선유량 M, N 을 엇갈림격자로 그리고 시간차분에는 Leap-Frog법을 사용하였다.

수치해석은 Fig. 1에 도시한 바와 같이 길이 $x = 600m$, 폭 $y = 100m$ 인 수역을 대상으로 하여, 식생폭은 항로부 전 후면 양측에 각각 5m씩 분포하는 것으로 가정하였다. 그리고 항로부는 $x = 300m$ 를 중심으로 항로의 측벽경사를 1:1.5로 하였으며, 항로 깊이는 해저바닥에서 -7.00m로 하여 최대 -17.00 m를 유지하도록 하였다. 또 해저바닥에서의 항로 폭은 51.0m가 되도록 가정하여 수치해석을 수행하였다.

계산조건으로서 수심 $h = 10m$ 인 일정수심의 해역상에 주기 $T = 8.0sec$, 입사파고 $H_0 = 2.0m$ 의 파랑이 입사한다는 조건으로 하여 파랑진과 특성을 검토하였다. 입사파향은 접근항로에 경사로 내습하는 경우가 일반적이거나 여기서는 직각입사로 가정하였다. 그리고 저질입경에 대해서는 $d = 0.2mm$, 저면마찰계수는 $f_0 = 0.01$, 수평확산계수 $A_h = 0.05 m^2/s$ 로 하였고, 식생조건에 대해서는 식생의 항력계수 $C_D = 2.0$, 식생

의 직경 $d_0 = 2cm$ 그리고 단위면적당 식생의 밀도를 나타내는 식생밀도는 $D = 20개/m^2$ 를 기준으로 하여 수치해석을 수행하였다. 식생밀도 D는 단위면적당 식생이 차지하는 비율이며 이 경우 0.628%에 해당한다. 일반적으로 식생 밀도의 변화에 따라 파고 감소 및 해저지형변동이 나타나며 수치현상실험에서는 식생밀도 0.5%로 하였으므로 이에 근거하여 본 수치계산에서는 $D = 20개/m^2$ 로 고정하여 계산하였다(이, 2007). 그리고 격자의 크기는 $\Delta x = \Delta y = 2.0m$, $\Delta t = 0.027sec$ 로 하였으며 정수상태에서 정상상태에 도달하는 10 주기 동안 계산을 수행한 후의 결과를 사용하였다.

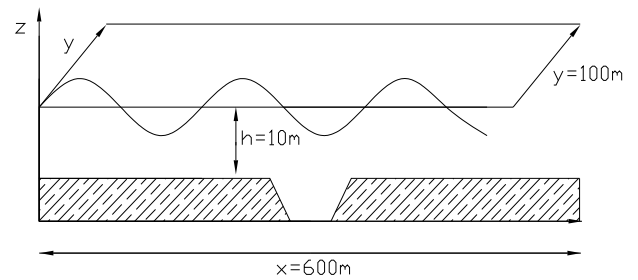


Fig. 1 Definition sketch for model test

2.3 수치 결과 및 분석

Fig. 2 및 Fig. 3에서는 식생이 없는 경우 항로 상을 진행하는 파랑의 파고 분포도와 이에 따른 해저지형 변동을 나타내었으며, Fig. 4 및 Fig. 5는 항로 전 후면부에 강성의 식생이 존재하는 경우 파고분포도와 해저지형 변동 특성을 나타내었다. 그리고 Fig. 6 및 Fig. 7에는 식생의 존재 유무에 따른 항로 인근해역에서의 파고분포 및 해저지형 변동을 각각 나타내었다. 그림에서 보듯이 항로 및 식생에 의한 파랑의 반사 및 전달 특성이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다. Fig. 6에

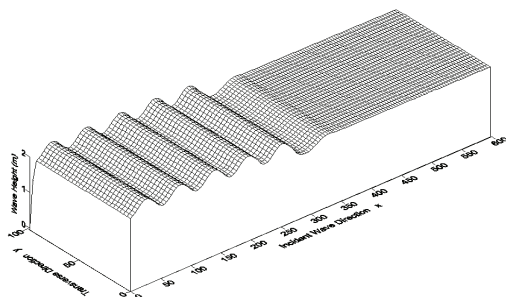
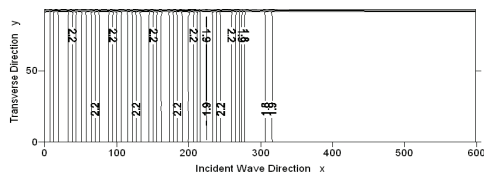


Fig. 2 Wave height distribution without vegetation

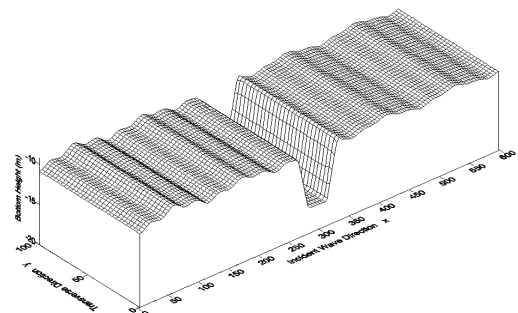
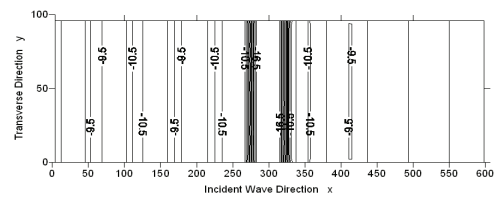


Fig. 3 Sea bottom variation without vegetation

식생모형에 의한 항로매몰 저감 특성

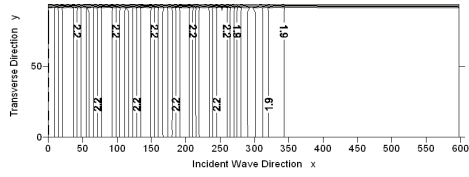


Fig. 4 Wave height distribution with vegetation

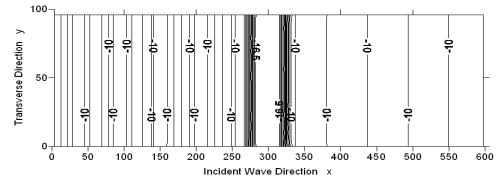


Fig. 5 Sea bottom variation with vegetation

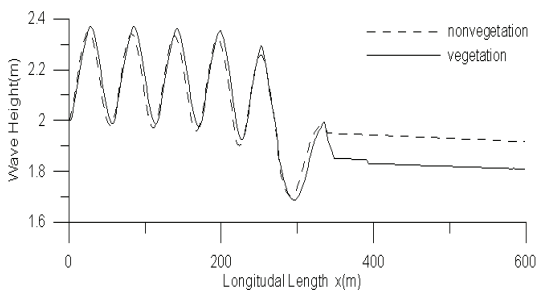
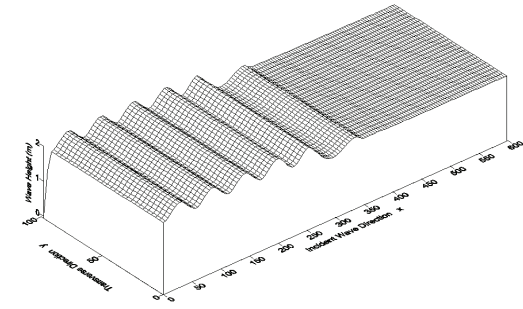


Fig. 6 Wave attenuation over navigation channel

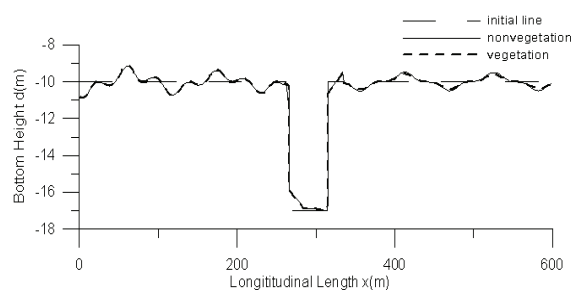
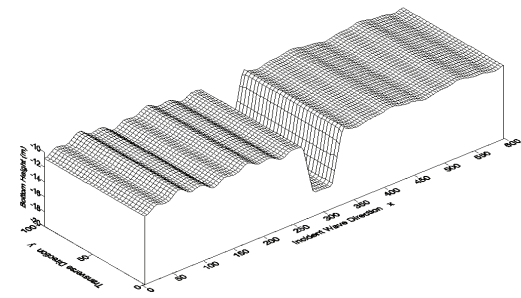


Fig. 7 Sea bottom change over navigation channel

서 알 수 있듯이 식생영역 전면부에서는 항로의 전후면부 양측 5.0m에 분포하고 있는 식생과 항로 경사부에 의하여 반사파의 영향이 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그리고 항로가 시작되는 $x = 275.0m$ 에서 항로가 끝나는 부분인 $x = 325.0m$ 를 지나가면서 입사파의 반사효과가 점차 감소되어 가는 특성을 보이고 있다.

Fig. 3, Fig. 5 및 Fig. 7에는 항로 전후부에 길이 5.0m의 식생이 존재하는 경우에 대해 Bailard(1981) 모형을 적용한 전표사량 해석결과를 Watanabe et al.(1986)이 제안한 지형변동 모형을 적용하여 해석한 결과를 도시하였다. 그림에서 보듯이 식생이 존재하지 않은 경우(Fig. 3) 및 존재하는 경우(Fig. 5)의 해저지형 변동 결과는 매우 유사하나 항로를 지나

가면서 미소하지만 지형변동이 다소 완화되고 있는 특성을 보이고 있다.

그림에서 보듯이 항로 전면부에서는 연속적으로 다소 불규칙적인 사런(Ripples)이 형성되고 있다. 그리고 항로 후면부에는 사면이 붕괴되는 현상을 재현하고 있음을 보이고 있다.

3. 수리 실험

3.1 실험조건 및 방법

수리실험에 사용된 수로는 Fig. 8에 도시한 바와 같은 한라대학교 토목공학과에 설치된 것으로 규칙파 및 불규칙파에

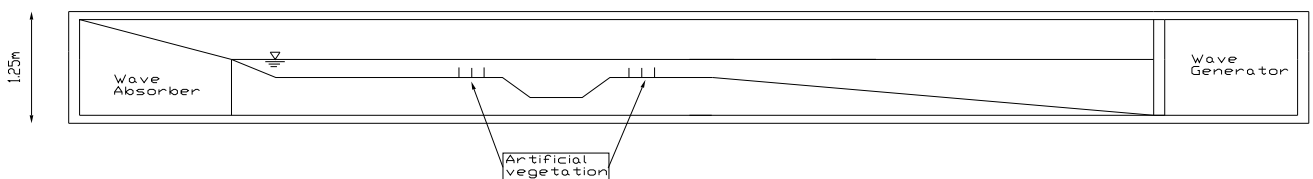


Fig. 8 Schematic sketch of 2-dimensional wave flume

대한 실험이 가능한 2차원 단면 조파수로(길이 20.0m, 폭 0.7m, 깊이 1.25m)이다.

항로매몰을 위한 이동상 실험은 피스톤형 조파장치를 통해 파랑을 발생하며 이동상 실험부분의 수심은 10cm로 설정하였고, 모형항로 부분은 깊이 17cm 측벽 경사 1:1.5로 설정하여 수행하였다.

실험은 인공식생의 유무에 따른 이동상(모래)의 항로매몰 특성을 검토하였으며 인공식생이 존재하는 경우 인공식생의 설치 위치는 항로 경사부에서 수평방향으로 10cm 떨어진 지역에 5cm 간격으로 강성의 모형 3기를 항로의 전후에 각각 설치하였다. 그리고 강성식생을 모형화한 인공식생 모형은 가로 및 세로 1cm의 간격의 철망을 사용하여 실험수조 바닥 저면에 고정시켜 사용하였다. 이때 적용된 식생밀도 D는 0.5%에 해당된다.

모형실험에서 이동상실험은 각각 소류사 및 부유사 지배모형으로 분류되며 대상 실험이 소류사 지배모형인 경우에는 입자크기 Reynolds, 비중 Froude, 침강속도, 토사밀도 및 기하학적 상사성과 표사이동 특성에 따른 모형분류에 의해 이동상 모형의 크기가 결정된다(Hughes, 1998). 이에 따라 활성탄, 경량골재 및 PVC 등의 다양한 이동상 모형재료가 적용되어야 한다. 그러나 대상 실험에 적합한 이동상 재료 선정이 어렵기 때문에 본 연구에서는 수리현상실험의 차원에서 이동상재료로 주문진 표준사를 사용하였다. 본 표준사는 흙의 분류결과 SP지반으로 분류되며 Fig. 9의 입도누적곡선과 Table 1에서 알 수 있듯이 평균입경 $d_{50}=0.20\text{mm}$, 균등계수 $C_u=1.36$, 비중 $G_s=2.65$ 이다.

그리고 불규칙과 실험에서는 주파수 스펙트럼을 고려한 일방향 파랑을 적용하였으며, 실제 천해역에서의 불규칙파는 비교적 넓은 주파수대에 분포하기 때문에 불규칙파의 생성을 위한 목표스펙트럼은 우리나라 해역의 특성을 잘 재현하고

있는 것으로 알려진 습田(1987)에 의해 제안된 식(7)과 같은 수정된 Bretschneider-Mitsuyasu형 스펙트럼을 사용하였다.

$$S(f) = 0.205 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5} \exp[-0.75(T_{1/3}f)^{-4}] \quad (7)$$

여기서, $S(f)$ 는 주파수스펙트럼, $H_{1/3}$ 는 불규칙파의 유의파고, $T_{1/3}$ 는 유의파 주기이며, f 는 주파수를 나타낸다.

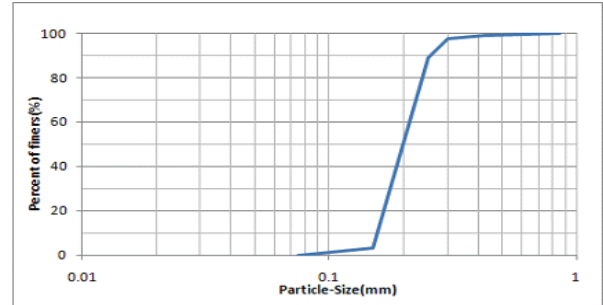


Fig. 9 Gradation curve

Table 1 Characteristics of Jumunjin standard sand

Grain size (mm)			Uniformity coefficient (Cu)	Curvature coefficient (Cc)	G_s
d_{10}	d_{50}	d_{60}			
0.157	0.204	0.216	1.3699	0.9613	2.65

3.2 수리실험 결과 및 토의

입사파고 $H=5.0\text{cm}$, 주기 $T=1.27\text{sec}$ 의 입사파 조건에 식생이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우의 항로 지형 변동의 특성을 검토하기 위해 불규칙파를 각각 2시간과 3시간씩 초과하여 항로에서의 매몰 특성 결과를 각각 검토하였다. 조파시

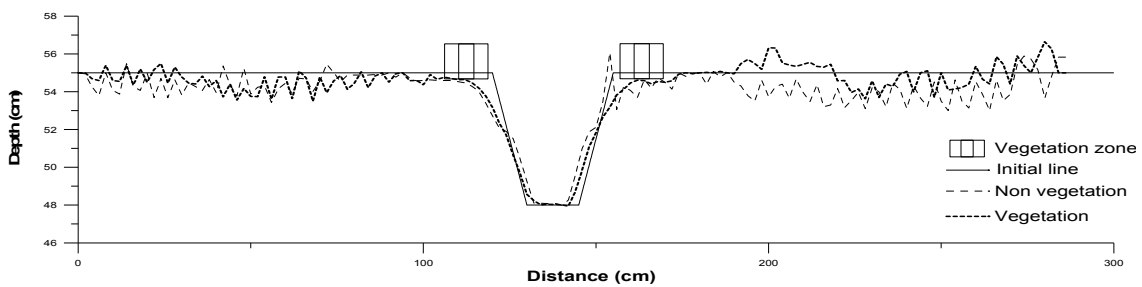


Fig. 10 Sea bottom deformation with navigation channel (after 2hrs)

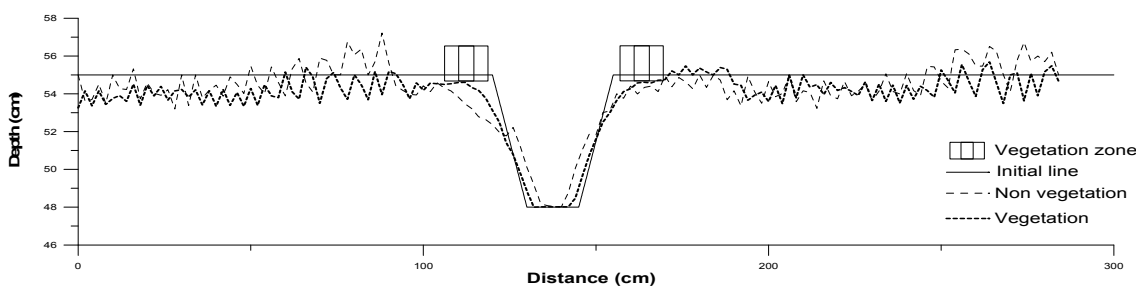


Fig. 11 Sea bottom deformation with navigation channel (after 3hrs)

간은 예비실험을 통해 식생모형에 의해 항로부 매몰이 거의 진행되지 않는 안정한 상태에 도달한 3시간으로 하였다. 이들 결과는 Fig. 10 및 Fig 11에 각각 도시하였으며 입사파는 좌측으로 진행하고 있다.

Fig. 10에서 알 수 있듯이 실험개시 2시간 경과 후 항로 양측의 단면에 전체적으로 규칙적인 사런(ripples)이 연이어 나타나고 있다.

항로 경사 부분에서는 좌측 및 우측 부분에서 침식이 발생하고 있으며 특히 식생이 없는 경우 항로 경사부에서 침식이 상대적으로 강하게 나타나고 있음을 보이고 있다. 그리고 항로 바닥부와 항로경사 부분은 파랑의 영향에 의해 점차 매몰이 증가하고 있다.

Fig. 11 은 동일한 실험조건에서 3시간 경과후 상황을 도시하였다. Fig. 10의 2시간 경과후의 결과와 비교하여 항로 양측에 나타나는 사런의 크기가 상대적으로 규칙적이며 그 크기도 점차 증가하는 특성을 보이고 있고 특히 항로 부분에서 식생이 없는 경우는 매몰이 상당히 많이 진행된 것에 반해 식생이 항로 전후면 부에 존재하는 경우는 2시간 후의 지형변동의 경우에 비해 변화폭이 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 식생의 파랑저감효과와 이에따른 저질수송의 감소에 의한 해저 안정화로 인해 항로매몰에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 항로 매몰대책을 위해 항로 전후면부에 식생을 설치함에 따른 항로의 매몰특성을 수치해석과 수리실험을 통해 각각 검토하였다. 수치 모형은 식생모형에 따른 파동장 해석이 가능한 비정상 환경사 방정식 모형을 적용하여 파와 흐름 공존장에서의 표사량 해석은 Bailard(1981) 모형을 적용하여 해석하였다. 수치해석의 결과 항로매몰 저감대책으로 제시한 식생의 존재 유무에 따른 파랑의 저감효과 및 사런 발생 등과 같은 지형변동 예측을 비교적 잘 재현하였다.

수리실험에서는 항로 매몰을 방지하기 위해 강성의 인공식생모형을 항로부의 전 후면부에 설치하고 불규칙파를 조파하여 항로매몰 특성 변화를 조사하였다. 수리 현상실험결과 실험 초기에는 식생의 유무에 따른 매몰 정도의 차이가 그다지 크게 나타나지 않았으나 시간의 경과에 따라 그 변화의 차이가 점차 커져 3시간 경과 후 매몰 저감효과가 크게 나타나는 것으로 검토되었다. 이것은 식생의 파랑저감효과와 이에따른 저질수송의 감소에 의한 해저 안정화가 나타난 것으로 판단되며, 항로 매몰 저감대책으로 식생이 효과가 있음을 알 수 있었다. 향후 실용성 검증을 위해 인공식생의 형상 및 분포밀도 등에 변화를 주어 다양한 실험에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 울산대학교 교비 연구비 지원으로 수행되

었으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 김규한, 배기성, 백승화(1996), “항로매몰 예측을 위한 수치모형의 적용성 검토”, 한국해양·해양공학회지, 제8권, 제1호, pp. 1-9.
- [2] 이성대(2007), “연안식생에 의한 표사이동 특성에 관한 수치해석”, 한국해양공학회지, 제21권, 5호, pp. 18-24.
- [3] 이성대(2008), “수변식생에 의한 파랑감쇠특성”, 한국항해항만학회지, 제32권, 5호, pp. 341-347.
- [4] 이성대, 박정철, 홍창배(2008), “연성 및 강성 식생모형에 의한 해빈침식방지 특성에 관한 실험적 연구”, 한국항해항만학회 추계학술대회.
- [5] 해양수산부(2007), “해양수산통계연보”, pp. 212-217.
- [6] 鶴谷廣一(1989), “シルテーションによる港湾埋没の予測手法”, 平成元年度港湾技術研究所講演會講演集.
- [7] Asano, T.(2006), “Wave Attenuation and Sediment Deposition due to Coastal Vegetations”, J. of Global Environment Engineering, Vol. 11, pp. 29-44.
- [8] Bagnold, R. A.(1956), “The Flow of Cohesionless Grains in Fluids”, Proc. Roy. Soc. Series A, 964, Vol. 249, pp. 235-297.
- [9] Bailard, J. A.(1981), “An Energetics Total Load Sediment transport Model for a Plane Sloping Beach”, J. Geophysical Research, Vol. 86, No. C11, pp. 10938-10954.
- [10] Hughes, S. A.(1998), “Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering”, World Scientific, 568p.
- [11] Mendez, F. J. and Losada, I. J.(2004), “An Empirical Model to Estimate the Propagation of Random Breaking and Nonbreaking Waves over Vegetation Fields”, Coastal Engineering, Vol. 51, pp. 103-118.
- [12] Sugahara, K. and Nagai, T.(1994), “Hydraulic Model Experiment on the Artificial Seaweed against Scouring and Beach Erosion”, Tech. Note of PHRI.
- [13] Watanabe, A. et al.(1986), “Numerical Prediction Model of Three Dimensional Beach Deformation around a Structure”, Coastal Eng. in Japan, JSCE, Vol. 29, pp. 19-39.

원고접수일 : 2012년 7월 16일
 심사완료일 : 2012년 8월 25일
 원고채택일 : 2012년 9월 17일