수리모형 실험에 의한 선박 부착형 오탉방지막의 거동특성 구명

Experimental Study on the Deformation of Silt Curtain by Water Current

홍성구^{*,†} · 강 구^{**}

Hong, Seong Gu · Kang, Ku

ABSTRACT

Silt curtains are constructed for minimizing pollution of sediment dispersion in water bodies. In spite of wide uses of the silt curtains, there are few studies for analyzing the effectiveness of them with respect to their dimension and hydraulic characteristics. Currently, the market of silt curtains does not provide the various dimension of them due to the limit of information regarding its effectiveness on reducing sediment pollution. In this study, a series of experiments were conducted to investigate hydraulic characteristics around the silt curtains under the different flow conditions. For this study, a silt curtain was fabricated and an open channel with 30cm of width and 40cm of depth was used. The results indicated that the silt curtain was not effective in preventing dispersion at flow velocities over 0.5m/s in real conditions. Based on the experimental results, it is required that approaching velocity should be minimized and the weight of bottom be increased in order to reduce deformation. The results of this study will provide information required to design appropriate dimension of silt curtains in various water environment such as velocity and water depths.

Keywords: Hydraulic experiment; silt curtain; marine pollution; suspended solids

1. 서 론

환경정책기본법의 오염원인자책임원칙 규정에 따라, 하천이나 호소, 또는 근해에서 준설공사나 매립 등 공사에 따라 발생하는 오탉의 확산을 방지하기 위하여 각종 방지 대책을 수립하고 있다. 오탉방지막은 이러한 확산 방지 대책의 하나로서 특히 퇴적물과 같은 부유물질의 확산을 방지하기 위하여 설치한다. 규모가 큰 환경영향평가 대상 사업은 환경영향에 대한 조사를 통해 부유사 등의 확산을 방지하기 위하여 환경부와 협의하여 오탉방지막을 설치하도록 하고 있다. 오염피해가 예상되는 내수면의 공사현장에서도 현장의 여건에 따라 오탉방지막을 설치하고 있다. 그럼에도 불구하고 준설 등 항만 공사의 종류나 규모에 따른 오탉 방지막의 설치 기준 등은 없는 실정이다.

항만 및 어항공사 전문시방서 (2005)에서는 오탉 방지막의 규격으로서 오탉방지막의 재료, 앵커, 구조형상과 시공에 대해서 규정하고 있으나, 오탉 방지 효과를 고려한 제원이나 규격은 기

술하지 못하고 있다. 시방서에서는 오탉 방지막의 구조 형상 요건으로서 단지 내구성, 부력유지와 복원력, 방지막의 형상 유지를 위한 steel chain을 규정하고 있을 뿐이다. 시공에 대한 설명에서는 바람이나 유수 및 파랑 등에 의하여 파손 또는 유실되지 않도록 하는 것과, 매 공사일 현장 점검, 해저면에 설치하는 앵커의 형식, 방지막의 이음부, 선박 통행을 고려한 설치 등을 언급하고 있다. 오탉방지막의 설치에 사전에 시험 설치하여 오탉수의 확산방지 효과 등 본래 목적을 충족하는지의 여부를 검토한 후 공사를 실시하여야 하는 것으로 되어 있으나 확산방지 효과에 대한 정략적 기준 등은 설정되어 있지 못하다.

Oh and Song (2003)은 우리나라와 일본과의 오탉방지막 설계 기준 비교를 통해 일본의 경우 파고가 높거나 유속이 빨라서 해상조건이 험할 경우 설치하지 않고, 설치하더라도 공사종류별, 해상조건별로 방지막의 형식을 달리하여 설계하고 있음을 언급하고 있다. 일본에서는 수심에 따라서 부체의 높이가 조정되는 방식 등 다양한 오탉방지막이 설계되어 시공되고 있다. 국내 연구 가운데에는 조위 변화에 따른 오탉방지막 계류라인의 거동을 분석한 경우도 있다 (Hong and Kim, 2002). 조위에 따라서는 구조물로서 오탉방지막의 안정성을 해칠 수 있으며, 오탉방지막의 안정성을 위해서는 계류선의 초기 직선 긴장각 또한 고려해야 하는 것으로 나타났다.

준설공사 시에 발생하는 부유물질의 확산과 이를 막기 위한

* 환경대학교 농업생명과학대학 지역자원시스템공학과

** 환경대학교 해양과학기술연구원

† Corresponding author Tel.: +82-31-670-5134

Fax: +82-31-674-5139

E-mail: bb9@hknu.ac.kr

2012년 10월 4일 투고

2012년 11월 7일 심사완료

2012년 11월 8일 게재확정

오탐방지막의 효과에 대해 현장 조사 연구도 이루어진 바 있다 (Kim and Chung, 1998). 이들이 조사한 해역에서의 최강 유속은 60 cm/s 이상으로서, 부유물질 농도 조사시에는 29 cm/s로 나타났으며, 오탐방지막의 내외측 부유물질 농도는 각각 20~140 mg/L, 20~30 mg/L로서 부유물질 차단효과가 있는 것으로 평가하였다.

Oh and Song (2002)은 국내 해안별 오탐방지막의 운영실태를 조사하여 문제점을 진단하고 이를 해결하기 위한 방안을 제안하였다. 서해안에서는 해수 중 부유물질의 배경농도가 높아 오탐방지막의 효과를 명확하게 평가하기 어려웠으나, 바닥의 퇴적물이 오탐 방지막의 설치에 따라 커지는 유속에 의해 재부유 가능성이 있음을 언급하였다. 또한 서해안의 바닥은 연약지반으로서 앵커의 침하를 해결해야 할 문제 중의 하나로 지적하였다. 남해안에서는 조류속이 빨라 오탐방지막을 연구 결과도 없이 막연하게 이중으로 설치한 사례를 언급하면서, 해역의 특성에 맞게 방지막 설계와 시공이 이루어져야 함을 강조하였다. 특히 일본에서 이용되고 있는 수하식과 자립식을 혼합하는 사례를 언급하면서 해역과 저층의 특성을 충분히 고려할 필요가 있음을 강조하였다. 수하식은 부체가 부력과 앵커에 의해 고정되고 바닥의 체인 중량에 의해 수심방향으로 설치되는 것이고, 자립식은 해저면에 중량이 큰 철제빔으로 고정하고 부체가 수면을 향하도록 수면 아래에 잠겨있는 형식을 말한다. 동해안에서는 유속이 작고 퇴적물이 주로 사질이므로 침강이 빨라서 부유물질의 확산이 크지 않음에도 불구하고 오탐방지막을 설치하여 선박 운항에 영향을 미치는 경우가 있었다. 즉, 서해안과 같이 저질이 점토질인 경우 배경농도가 높기 때문에 오탐방지막의 효과가 뚜렷하지 않으나, 바닥이 사질토인 지역에서는 그 효과를 명확하게 평가할 수 있다. 사질인 해역에서는 오탐방지막을 오탐발생원에서 최대한 가깝게 설치해야 한다.

항만공사시 부유토사의 거동 특성을 파악하기 위해 매립과 그랩 준설공사 시에 발생원으로부터 부유물질의 농도 변화를 조사한 경우도 있다 (Lee et al., 2003). 부유토사 발생이 가장 많은 이들 공사를 대상으로 조사한 결과, 부유물질의 이동은 약 700 m 이상에 걸쳐 발생하였다. 부유토사의 이동을 저감하기 위해서는 오탐방지막의 설치 위치를 발생원으로부터 가까운 거리에 설치하는 것이 바람직하고 막체의 길이는 길게 설치하여 저층으로 확산되는 부유토사의 확산을 저감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

일본의 Sato et al., (2005)은 준설공사시 선박부착형 오탐방지막에 의한 오염확산방지효과를 실험적으로 분석한 바 있다. 이들 연구에서는 조류속이 측정되지 않아 흐름에 대한 영향은 파악할 수 없었으나, 그랩 (Grab) 준설공사가 이루어지는 현장에서 격자모양의 선박부착형 오탐방지막의 내외부에서 부유물질 농도

를 분석하여 그 효과를 평가하였다. 수심 6.5 m인 해역에서 오탐방지막을 5 m 깊이로 설치한 조건에서 오탐 방지막 내외측 각각 1 m 떨어지고 수심 3.5 m와 5.5 m의 지점에서 부유물질 농도를 분석하였다. 부유물질의 차단효과는 3.5 m 지점에서 37.8~91.3 %로서 평균 81 %, 5.5 m 지점에서는 2.1~86.8 %로서 평균 61.5 %로 나타났다. 현장의 저질 분석결과 토립자 밀도는 2.29 g/cm³, 75 μ m 이하의 실트와 점토질 성분은 62.2 %를 가지는 것으로 나타났다.

대부분의 오탐방지막에 대한 연구는 부유물질 확산 저감효과 평가에 대한 것들로서, 오탐방지막의 적정 설계에 대한 내용은 거의 없는 실정이다. 오탐 방지막의 설계는 동수역학적 특성과 저질의 물리적 특성을 충분히 고려하여야 한다. 국내에서 시공되는 오탐방지막은 대부분 투수도가 매우 낮은 재질로 이루어지고, 바닥으로의 길이 또한 명확한 기준 없이 시공되고 있다. 앞에서 언급된 연구들에서 지적된 바와 같이 오탐방지막은 발생원에서 가깝게 설치하는 것이 효과적이다. 따라서 준설이나 매립이 이루어지는 선박 주변에 설치할 수 있는 선박 부착형 오탐방지막이 보다 효과적일 수 있다. 선박 부착형 오탐방지막을 설계하기 위해서는 조류속과 방지막의 제원을 고려한 오탐방지막효과를 충분히 분석하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 수리 모형실험을 통해서 선박 부착형 오탐방지막 주변의 유속과 방지막 제원에 따른 흐름특성을 분석하고, 오탐방지막 설계에서 고려할 사항을 제시하였다. 본 연구 결과는 특히 수질개선이 요구되는 농업용 저수지 (Jeon et al., 2002; Suh et al., 1994)의 오염 퇴적물을 제거하는 과정에서 2차 오염을 최소화하기 위한 오탐방지막의 설계 및 적용에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

II. 재료 및 방법

1. 수리모형 실험

선박부착형 오탐방지막은 광범위한 지역에 오탐방지막을 설치

Fig. 1 Schematic of silt curtain attached to cargo dredger

함에 따라서 선박통행 등에 지장을 초래하는 단점을 해결하기 위하여 적용될 수 있는 오염방지 구조물이다. 준설 등 오염퇴적물의 교란에 따른 2차 오염을 최소화하되 주변 수역에서의 교동이나 오염확산을 최소화할 수 있는 장점이 있다. Fig. 1은 선박부착형 오탐방지막의 개념도를 나타내고 있다.

선박부착형 오탐방지막에 대한 수리실험을 위해 이용된 개수로는 폭 40 cm, 높이 40 cm, 길이 1,200 cm인 순환수로이며 상부수조의 크기는 250 cm (W) × 70 cm (H) × 130 cm (D)이며 하부수조의 크기는 315 cm (W) × 80 cm (H) × 315 cm (D)이다. 수로의 측면은 유리재질로 되어 투과 및 촬영이 가능하고 개수로의 유속은 상부수조로 연결되는 관수로 밸브를 조절하며 제어하였다. 수심은 하부에 있는 개수로 수문을 여닫아 조절하도록 되어있다. 순환펌프는 15 kW 저압 3상 유도전동기 (KMH-20HU1, HIGEN Motor, Co., LTD, Korea)를 사용하였으며 펌프의 유량은 40 m³/h이다.

유속측정은 3차원 유속계(ACM3-RS, JFE-ADVANTECH Co., Ltd, Japan)를 사용하였다. 전자식 센서타입으로 초당 20회씩 X, Y, Z축의 유속과 유향을 자동으로 측정할 수 있다. 본 연구에서 이용된 3차원 유속계의 제원은 Table 1과 같다.

실험은 Fig. 2과 같이 순환형 개수로시험장치에서 시행되었고 개수로실험은 실제 해역에서 조류의 변동을 고려한 유속에 따른 오탐방지막의 변형과 흐름에 관찰하였다 (관측부 길이: 1.5 m, 수로 폭: 40 cm, 수심: 30 cm). 오탐방지막의 고정은 개수로 상

Table 1 Specification of 3-axis velocity sensor

Sensor name	ACM3-RS
Parameters	XYZ 3D velocity
Range	±250 cm/s in 3D axis
Accuracy	±2 % or 0.5 cm/s
Resolution	0.1 cm/s

Fig. 2 Sideview of open channel for experiments

Fig. 3 Location of velocity measurements

Photo 1 Silt curtain installed in the open channel for experiments

부에 철근은 거치하고 클램프를 이용하여 철근과 오탐방지막을 연결하였다. 유속은 유속계를 개수로 상류에 클램프를 이용하여 고정하고 사전에 정한 위치에서 측정하였다. 개수로 내 흐름의 유속을 2 cm/s에서부터 10 cm/s까지 2 cm/s 간격으로 변화시켜 실험하였다.

수심은 수로 말단에 위치한 수문을 개폐하여 조절하였다. 오탐방지막에 의한 유속 및 유향의 변화를 알아보기 위하여 오탐방지막 전면 20 cm, 3 cm, 후면 3 cm, 10 cm지점별로 세로 4곳, 가로 5곳을 설정하여 30초씩 X, Y, Z의 유속 및 유향을 측정하였다 (Fig. 3). 또한 유속에 의한 오탐방지막의 변형을 쉽게 관찰하기 위하여 1 cm × 1 cm의 격자를 개수로 측면에 부착하고 변형된 모양을 이미지화하여 변형 각을 볼 수 있도록 하였다.

2. 오탐 방지막

오탐방지막은 개수로를 고려하여 상사법칙에 따라 실물크기의 1/100의 스케일의 모형으로 제작하였고 그 크기는 세로 및 가로가 각각 12 cm이며 깊이가 22 cm인 직육면체형으로 방지막의 재질은 평직물 (Plain weave fabric) 형태의 면소재로 제작하였다. 오탐방지막의 형상을 고정하기 위하여 내면의 크기가 가로 12 cm, 세로 12 cm, 직경 0.5 cm의 철선 프레임을 오탐방지막 상부와 하부에 부착하였다.

3. 실험결과의 해석

일반적으로 수리모형실험 결과의 해석은 수리현상을 지배하는 힘이 점성력이면 Reynolds 모형법칙, 중력이면 Froud 모형법칙, 표면장력이면 Weber 모형법칙, 그리고 탄성력이면 Cauchy 모형법칙을 적용한다. 본 연구에서는 흐름에 저항하는 오탐방지막

Table 2 Ratio of physical parameters under Reynolds similarity

Geometric similarity		Kinematic similarity		Dynamic similarity	
Length	L_r	Time	L_r^2	Force	1
Area	L_r^2	Velocity	L_r^{-1}	Mass	L_r^3
Volume	L_r^3	Acceleration	L_r^{-3}	Work	L_r

의 거동이 점성력이 지배하므로 Reynolds 모형법칙을 적용하여 결과를 해석하였다. Reynolds 상사법칙은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{\rho_p V_p L_p}{\mu_p} = \frac{\rho_m V_m L_m}{\mu_m}$$

$$\frac{\rho_r V_r L_r}{\mu_r} = 1$$

여기에서 아래첨자 p와 m은 각각 원형과 모형을 나타내며, r은 비를 나타낸다. L은 길이, V는 유속, ρ 는 밀도, μ 는 점성계수를 나타내며, L_r 은 길이에 대한 원형대비 모형의 비를 나타낸다. Table 2는 Reynolds 상사법칙에 따른 물리량의 비를 나타내고 있다.

오탐방지막이 선박 등에 의해 고정되고 단단한 몸체라고 가정하면, 오탐방지막의 거동 및 변형각 (θ)은 흐름에 대한 운동량 방정식을 이용하여 추정할 수 있다. 평형상태에서의 변형각은 다음과 같다.

$$\rho V^2 l^2 \frac{\sin \theta}{2} = \gamma \frac{l^2}{2} \cos \theta + W l \cos \theta$$

By momentum equation
- rigid body assumption

$$\Theta = \text{atan}((2W + \gamma L) / (L \rho V^2))$$

Fig. 4 Deformation angle derived by momentum equation

여기에서 W 는 오탉방지막 바닥에 설치되는 체인의 중량, γ 는 오탉방지막의 단위 길이당 중량, l 은 오탉방지막의 길이, V 는 유속을 나타낸다. 따라서 오탉방지막의 변형각은 다음의 식과 같이 산정되며 흐름이 없는 조건에서는 90° , 유속이 증가함에 따라서 변형각은 작아지게 된다. 즉, 유속이 증가하여 오탉방지막의 변형도가 증가함에 따라 변형각 θ 는 작아지고 0에 근접하게 된다. Fig. 4는 유속에 따른 변형각을 나타내고 있다.

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{2W + \gamma l}{\rho V^2 l}\right)$$

III. 결과 및 고찰

1. 오탉방지막 주변 유속 분포

3차원 유속계를 이용하여 측정된 유속은 절대유속 $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$ 로 계산된 V 와 흐름 방향의 유속 V_x 의 분포에 대해 공간적인 분포를 살펴 보았다. Fig. 5, 6, 그리고 7은 절대 유속 V 에 대한 분포를 나타낸다. 오탉방지막을 설치함에 따라서 흐름 단면이 축소되어 주변에서의 유속이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 5는 상류측 평균 유속 10 cm/s일 때 수로폭 27 cm 지점에서의 유속분포를 나타내고 있다. 사다리꼴 짙은 색은 오탉방지막의 위치를 나타낸다. 수로폭 27 cm 지점은 오탉방지막과 개수로 벽면의 중간의 위치이다. y축은 바닥에서 수면까지의 수심을, x축은 오탉방지막 설치 중앙점을 기준으로 측정된 종방향 거리를 나타낸다. 오탉방지막의 바로 뒷면에서는 최저 5 cm/s 이하로 매우 작아지고, 오탉방지막의 아랫부분에서는 유속이 최고 16 cm/s 이상으로 크게 증가함을 확인할 수 있다.

접근유속이 일정 수준 이상일 때, 준설 등의 공사로 인해 바닥이 교란되어 오탉방지막 내부의 부유물의 농도가 증가하면, 부

유물이 오탉방지막 외부로 대량 확산될 수 있음을 알 수 있다. 특히 오탉방지막이 흐름에 의해 변형되어 바닥이 들리게 되면 증가된 유속에 의해 부유물의 확산은 매우 신속하게 이루어져 오탉방지막의 기능을 상실하게 된다. Fig. 6와 7은 각각 바닥 수심과 오탉방지막의 중간 수심의 위치에서 유속의 평면 분포를 나타낸 것이다. Fig. 6에서는 오탉방지막을 통과하는 지점에서부터 하류부에 이르기까지 바닥면에서의 유속이 14 cm/s 이상으로 높게 분포됨을 알 수 있다. 반면 Fig. 7에서는 오탉방지막 인접 하류측에서는 상류측의 접근유속 10 cm/s 보다 적으며, 최저 5 cm/s 이하로 나타남을 알 수 있다.

수로 횡단면에서 흐름방향의 유속 (V_x) 분포는 오탉방지막의 설치로 인해 상당한 와류가 발생하는 것을 알 수 있었다 (Fig. 8). Fig. 8 역시 상류측의 평균 유속이 10 cm/s로서 Fig. 6와 6과 같은 조건이다. 오탉방지막 주변과 후면에서는 흐름방향의 유속이 0 또는 음 (-)의 값으로서 상당한 와류가 발생하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5 Distribution of flow velocities around the silt curtain at approaching velocity of 10 cm/s. - Side view (flow velocities of contour label in cm/s)

Fig. 6 Distribution of flow velocities around the silt curtain at approaching velocity of 10 cm/s. - Plain view at the bottom (flow velocities of contour label in cm/s)

Fig. 7 Distribution of flow velocities around the silt curtain at approaching velocity of 10 cm/s. - Plain view at the mid-height of silt curtain (flow velocities of contour label in cm/s)

Fig. 8 Distribution of V_x (velocity in flow direction, cm/s) in channel cross section

2 cm/s

4 cm/s

6 cm/s

8 cm/s

Photo 2 Deformation of silt curtain by different flow velocities

2. 오탐방지막의 변형도

오탐방지막에 가해지는 힘은 운동량방정식에 따르므로 접근 유속의 제곱에 비례한다. Fig. 4에서 언급된 바와 같이 흐름에 의해 가해지는 힘과 오탐방지막의 자중 및 하단의 체인 무게를

고려하여 오탐방지막의 변형도를 예상할 수 있다. 실제로 유속에 따른 오탐방지막의 변형은 Photo 2와 같으며, 유속 8 cm/s에서는 오탐방지막의 기능을 완전히 상실하게 됨을 볼 수 있다. 상류의 유속의 증가에 따라서 오탐방지막의 변형도가 커짐을 확인할 수 있었다. Fig. 4을 수식으로 표현하여 오탐방지막의 제원과 유

속에 따른 변형각을 산정하여 그 결과를 Fig. 9에 도시하였다. 오탉방지막의 바닥부에 연결한 철선의 무게는 단위 길이당 중량으로서 부력을 고려하여 10 g으로 계산되며, 이 때 유속 0.01에서 0.02 m/s의 범위에서 오탉방지막이 하류측으로 크게 변형되는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 오탉방지막의 비중은 1보다 약간 높기 때문에 오탉방지막의 자중은 무시하였다. 동일한 유속 조건에서 철선의 무게가 증가함에 따라서 변형도가 증가한다. 흐름의 유속이 없을 때 변형각은 90°, 유속의 증가에 따라서 변형각은 감소하여 수면에 접하게 된다. 변형각에 대한 실험결과와 추정값은 비슷한 경향을 가지는 것을 확인할 수 있다. 단지 실제 오탉방지막은 강체가 아니므로 곡선의 형상을 가진다.

Fig. 9 Deformation angle for different flow velocities

Fig. 10 Deformation angle for different weights of silt curtain

Fig. 10에서는 철선의 무게의 증가에 따른 변형각의 변화를 나타내고 있다. 동일한 유속조건에서 철선의 무게가 아주 작을 때의 변형도는 매우 커서 오탉방지막이 수면에 접하게 되며, 무게가 증가함에 따라서 변형도가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 실제 오탉방지막을 시공할 때에 바닥에 부착하는 체인의 자중이 충분히 커야함을 알 수 있다.

3. 선박 부착형 오탉방지막의 설치 방안

수리모형 실험결과와 이론적 해석을 통해서 유속과 오탉방지막의 체인의 조건에 따라서 오탉방지막의 변형도를 살펴보았다. 수리실험 조건에 대해 상사율을 적용하여 실제 오탉방지막의 수심방향 길이가 20 m인 조건 하에서 바닥의 체인의 중량에 따른 변형도를 Fig. 11에 나타냈다. 해류 혹은 조류의 유속이 0.1 m/s 이하에서는 변형도가 크지 않고 부유물이나 오염물질의 확산을 억제할 수 있으나, 유속이 증가함에 따라서 변형도가 커서 오탉방지막 내부의 아랫부분이 노출되어 그 기능을 상실하게 된다. 유속이 0.5 m/s 정도에 이르면 오탉방지막에 부착시키는 체인 등의 자중으로는 변형을 충분히 막지 못하며, 오염물질의 확산을 억제하는 기능을 거의 상실하게 된다. 따라서 해양에서 선박 부착형 오탉방지막의 설치와 운용은 제한된 유속의 범위 내에서 이루어져야 할 것이다. 오탉방지막이 유속이 0.2 m/s 내외에서 변형도를 최소화하기 위해서는 체인의 무게는 10 kg/m 까지 필요하다. 한편 변형도를 최소화하기 위하여 체인의 무게를 늘릴 수 있으나, 현실적으로 한계가 있으므로 접근 유속을 저감하기 위한 별도의 방안 등이 필요하다.

Fig. 11 Deformation angle for real scale silt curtain

IV. 요약 및 결론

수역이나 근해에서 매립 또는 준설공사 시에 이용되는 오탉방지막은 선박 운항에 지장을 주기도 하고, 오탉방지막효과를 고려한 제원이나 설치 요건 등에 대해 명확하게 설정되어 있지 못하다. 이를 극복하기 위한 방안의 하나로써 해외에서는 선박 부착형 오탉방지막이 제안되어 적용되고 있다. 본 연구에서는 선박부착형 오탉방지막의 설치와 운용 방안을 모색하기 위하여 수리모형 실험을 수행하고 수리학적 분석을 하였다.

일정 수준 이상의 유속 조건에서는 흐름에 의해 오탉방지막이 변형되어 부유물이나 오염물질을 차단하는 기능이 상실되는 것으로 나타났다. 수심이 20 m인 곳에서 오탉방지막을 설치하는 것을 가정할 때 오탉방지막의 하단에 부착되는 체인이나 추의 중량에 크게 영향을 받지 않고 실제 유속 0.5 m/s에서는 변형도가 심하였다. 단위 길이당 5 kg 내외의 체인 중량을 가질 때, 접근 유속이 0.2 m/s 이하의 조건에서는 오탉방지막의 하단이 하류측으로 크게 이동하지 않는 것으로 나타났다.

실험 및 해석결과에 의하면, 오탉방지막의 기능이 유지되기 위해서는 변형각의 설계치를 설정하고 이를 위하여 하단부의 체인의 무게 설정, 그리고 접근유속의 제한 등으로 설계와 설치조건이 명시될 필요가 있다. 수면의 선박이나 부체의 용적을 고려할 때 현실적으로 이용 가능한 체인의 상한 중량이 존재한다. 따라서 선박부착형 오탉방지막의 설계와 설치·운영은 흐름의 유속에 의해 결정된다. 오탉방지막이 보다 효과적이고 안정적으로 운영되기 위해서는 설치 허용유속을 설정하거나, 접근 유속을 줄이는 방안이 필요하다.

이 논문은 2012년 국토해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (지속가능 해양오염 퇴적물 정화기술 개발)

REFERENCES

1. Kwon, K. C, N. S. Hong, M. H. Song, and C. G. Choi. 2003. Compatible Anchors of Silt Protector in Shallow Sea with Mud Seafloor Material. *Journal of Ocean Engineerign and Technology* 17(3): 7-12. (in Korean)
2. Kim, G. Y. and J. Y. Chung, 1998. Diffusion of the Suspended Matter Caused by Dredging and the Effect of the Single Silt Protector. *Journal of Ocean Engineerign and Technology* 12(3): 1-8. (in Korean)
3. Kim, J. K., T. S. Kang, and M. O. Lee. 2009. Suspended Material Diffusion and Tidal Current of North-eastern Gamak Bay. *Proceedings of Annual Conference for Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. 218-223. (in Korean)
4. Maeng, J. H, 2000. Effectiveness of Silt Protector in Reducing Suspended Sediment Dispersion during Harbor Works. *Environmental Policy Study* 5: 32-34. (in Korean)
5. Maeng, J. H, K. W. Cho, Y. J. Joo, J. H. Lee, J. S. Hong, Y. K. Kang, and G. H. Kim. 2005. A study on effective mitigation measures for environmental impacts of oceanic reclamation projects. *Research Report of Korea Environment Institute*. pp.300. (in Korean)
6. Oh, Y. M, and W. O. Song, 2002. On the management of silt protector in Korea. *Proceedings of Annual Conference for Korean Society of Civil Engineers*. 3155-3158. (in Korean)
7. Oh, Y. M, and W. O. Song, 2003. Comparison of Silt Protector Design Between Korea and Japan. *Korean Society of Coastal and Ocean Engineers* 15(1): 66-70. (in Korean)
8. Lee, J. W., J. H. Maeng., K. W. Cho, K. Y. Yang, and Y. S. Kim. 2003. The Movement Characteristics of Suspended Solid (SS) in Harbor Construction (II) - The Landfill Construction and The Grab Dredging Construction. *Korean Society of Coastal and Ocean Engineers* 6(2): 46-53. (in Korean)
9. Ministry of Ocean and Fishery. 2005. Guidelines for Harbor and Port Development.
10. Hyun, B. S., Y. H. Noh, and M. H. Nam, 2001. Numerical Simulations on Flow Field Around Silt Protector. *Proceedings of Annual Conference for Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. 127-134. (in Korean)
11. Hong, N. S., 2005. Influence of Silt Protector on 3-D Tidal Flow. *Dong-A University Environmental Research Institute* 27(1): 89-96. (in Korean)
12. Hong, N. S., 2010. Investigation of Reducing Characteristics for the Spreading of Dredging Soil and the Diffusion of Contaminant by Silt Protector Curtain through Three Dimensional Numerical Model Experiment. *Journal of Ocean Engineering and Technology* 24(4):

- 78-85. (in Korean)
13. Hong, N. S., K. Y. Kim, and Y. K. Kang, 2008. Three-Dimensional Numerical Model for Flow with Silt Protector. *Journal of Ocean Engineering and Technology* 22(3): 1-7. (in Korean)
14. Hong, N. S., and J. Y. Kim, 2002. Behavior of Mooring Line of Silt Protector According to the Change of Sea Level. *Korean Society of Coastal and Ocean Engineers* 14(3): 232-239. (in Korean)
15. Sato, A., Y. Murota, and Y. Kurumata, 2005. Effectiveness of Silt Protector Frame in Preventing Dispersion of Pollutants by Grab Dredging. *The Proceedings of the 16th Yearly Conference of Japanese Society of Civil Engineers*. pp.227-228 (in Japanese)
16. Suh, S. D., D. H. Kim, H. K. Yoon, 1994. Study on the Water Environmental Pollution Sources in the Agricultural Reservoir-Watershed Areas. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 36(3): 100-112 (in Korean)
17. Jeon, J. H., C. G. Yoon, J. H. Ham, H. I. Kim, and S. J. Hwang, 2002. Study on the Relationships among Water Quality Parameters in Agricultural Reservoirs. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 44(3): 136-145 (in Korean)