

시화호 점착성 퇴적물의 침식특성 해석 : 지역적·공간적 변화

An analysis of erosional properties in Shihwa Lake : Local and spatial variation

유홍열*, 황규남**

Hong Ryul Ryu, Kyu-Nam Hwang

요 지

본 연구는 시화호 표층에 분포하는 점착성 퇴적물의 침식특성을 정량적으로 산정하고 산정된 침식특성의 지역적 변화 및 타 지역 침식특성 결과와의 비교/분석을 통한 공간적 변화 해석을 목적으로 환형수조를 이용한 침식 실험을 수행하였다. 또한 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성 및 해수 특성이 침식특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 시화호 점착성 퇴적물에 대한 물리·화학적 특성 및 해수 특성에 대한 분석이 수행되었다. 침식실험은 균일저면 조건에서 3개 지점에 대해 지점별로 5~7회씩 총 17회의 실험이 수행되었으며, 본 연구를 통하여 도출되어지는 시화호 점착성 퇴적물의 침식특성 매개변수들은 시화호 해역에서의 수층 탁도 분포 및 세균/퇴적량 산정 등을 위한 수치모형실험 시에 기초 입력 자료로 크게 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 점착성 퇴적물, 균일저면, 물리·화학적 특성, 침식한계전단응력, 침식률계수

1. 서 론

시화호는 1994년 1월 방조제 체결 이후 수질이 악화됨에 따라 수질개선대책의 일환으로 2001년 1월 시화호를 해수호로 운영한 이후 시화호 수질이 상당히 개선된 상태이다. 그러나 조성된 시화호의 활용을 위해 해양 레저 관광단지 및 첨단산업단지 조성, 시화조력발전소 건설 등의 사업이 현재 진행되고 있거나 계획되어 있다. 따라서 향후 다양한 개발과 조력발전소 가동 등에 따른 유동변화가 예상되며, 이로 인한 시화호 내·외측에서의 침식/퇴적의 발생, 호소 내 저층 오염토 방출로 인한 외측 해역의 수질악화 등이 우려되고 있는 실정이다. 따라서 수로의 매몰·침식 등의 퇴적물 이송과 관련된 고질적인 문제들뿐만 아니라 수질 오염과 관련된 문제들에서도 수층 부유사 농도 연직구조의 시간적 변동 해석을 위하여, 시화호 퇴적물의 제반 이송 특성에 대한 이해가 필수적으로 요구된다.

현재 시화호 내·외측 해역에는 점착성 퇴적물이 널리 분포되어 있는데, 이러한 점착성 퇴적물의 이송특성은 크게 침식특성과 퇴적특성의 2가지로 대표될 수 있다. 점착성 퇴적물의 침식·퇴적 특성은 사질성 퇴적물과는 달리 입자간의 응집현상에 의해 크게 영향을 받으며, 응집강도는 광물질 구성, 입경분포, 유기물함량 등으로 묘사되는 퇴적물 자체의 물리·화학적 기본특성 및 염도, 수온, pH 등과 같은 침식수의 특성에 따라 크게 변화한다(Mehta, 1986). 특히 저면 퇴적물의 침식 여부는 흐름 전단응력에 의한 저면퇴적물의 저항력 즉, 저면전단강도의 상대적 크기 차에 좌우되므로, 그 침식특성은 저면전단강도 혹은 저면밀도로 묘사되는 저면특성에 따라 크게 변화한다(황규남·소상돈, 2002). 또한 각 수역마다 저면 퇴적물은 퇴적물 공급원, 수동학적 조건, 생태학적 조건 등이 모두 다른 상태에서 형성된 퇴적층으로, 저면 퇴적물의 기본특성 및 저면특성은 현장특성

* 정회원·전북대학교 토목공학과 박사과정 E-mail : ryu1543@chonbuk.ac.kr

** 정회원·전북대학교 토목공학과공학연구원 공업기술연구센터, 부교수 E-mail : Khwang@chonbuk.ac.kr

(site-specific)에 현저하게 의존하므로 침식/퇴적량 산정식 도출을 위한 실험적 측정이 필수적으로 요구된다(황규남 등, 2005; 류홍렬 등, 2006).

이에 본 연구에서는 시화호 점착성 퇴적물의 표본채취 및 실내실험을 통하여 침식특성을 정량적으로 산정하여 시화호 해역에서의 지역적 변화(local variation) 및 타 지역 침식특성 결과와의 비교/분석을 통한 공간적 변화(spatial variation)를 해석하고 실험분석 및 현장관측을 통하여 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성의 지점별 변화 및 해수의 특성을 정량적으로 조사한 후, 이러한 특성들과 침식특성간의 상관관계 및 침식특성의 정량적 변화에 미치는 영향에 대하여 해석하고자 한다.

2. 표본 시료의 채취 및 해수의 특성

시화호 해역내 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식특성 조사를 위하여 2003년 6월 26일에 #3 지점에 대한 표본시료를 채취하였으며, 시화호 해역의 지역적 공간적 변화를 살펴보기 위하여 2005년 3월 18~19일에 #1, #2 지점에 대한 표본시료가 채취되었다. 표본시료는 그림 1에 보인바와 같이 시화호 해역의 해저질 분포특성, 지형조건 및 유동특성 등을 고려하여 시화호 외측, 내측, 배수갑문 인근 해역의 총 3개 지점에서 채취되었으며, 현장 해수의

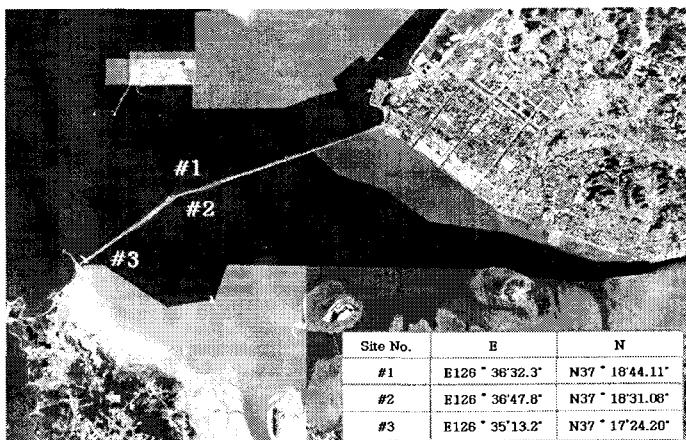


그림 1. 시화호 퇴적물 표본시료 채취 위치

조건을 반영하기 위하여 동일 지점에서 해수를 채수하여 침식실험 전 과정에 사용하였다.

3. 시화호 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식수의 특성

앞서 전술된 바와 같이 점착성 퇴적물의 침식특성은 입경분포, 광물질 구성성분, 유기물 함량 등으로 묘사되는 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성과 염도, 수온, pH등과 같은 침식수의 특성에 따라 크게 변화하므로(Mehta 1986), 이러한 항목들에 대한 조사·분석은 침식특성 조사 시에 필수적 사항이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 침식실험에 사용된 퇴적물 표본시료에 대한 물리·화학적 특성 조사를 위해 입경분포, 유기물 함량, 광물질 구성에 대한 3가지 실험이 수행되었으며, 그 결과가 표 1에 주어진다. 또한 침식수의 특성으로 염도 및 수온이 조사되었으며, 그 결과 또한 표 1에 주어진다.

표 1 시화호 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식수의 특성

퇴적물의 특성				침식수의 특성	
Site No.	평균입경(μm)	유기물함량(%)	광물질 구성	염분(‰)	수온(°C)
#1	9.3	7	1. 석영, 2. 미사장석	29.7	6.3-9.7
#2	17.8	8	3. 일나이트, 4. 고령토, 녹	30.1	6.3-9.3
#3	74.0	6	니석	29.9	6.9-9.8

4. 침식특성 실험 및 결과

4.1 실험 방법 및 조건

본 연구에서는 시화호 점착성 퇴적물의 침식특성 조사를 위해 전북대 환형수조를 이용하여 침식실험을 수행하였다. 일반적으로 침식 실험 시에 조성되는 저면의 종류는 균일저면과 퇴적저면으로 분류되는데, 본 연구에서는 균일저면을 사용하였으며, 침식실험은 조성된 균일저면의 밀도를 변화시켜가면서 각 지점별로 5~7회씩 총 17회의 실험이 수행되었다. 모든 실험에서 수층의 깊이와 저면층의 두께는 각각 10cm와 5cm로 모든 실험에 동일하게 적용되었고, 전단응력의 변화는 0.1N/m²씩 5~7단계에 걸쳐 증가시켰으며 동일지점에서 채취한 해수를 실험 전 과정에 사용하였다. 환형수조의 제원, 특성 및 침식실험에 대한 자세한 사항은 황규남·소상돈(2002) 및 황규남 등(2005)에 주어진다.

4.2 침식실험 결과

일반적으로 균일저면에 대한 침식률(ε)은 다음과 같이 표현된다(Ariathurai and Arulanandan, 1978).

$$\varepsilon = \frac{dm}{dt} = \varepsilon_{M.s} \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce.s}} - 1 \right) \quad (1)$$

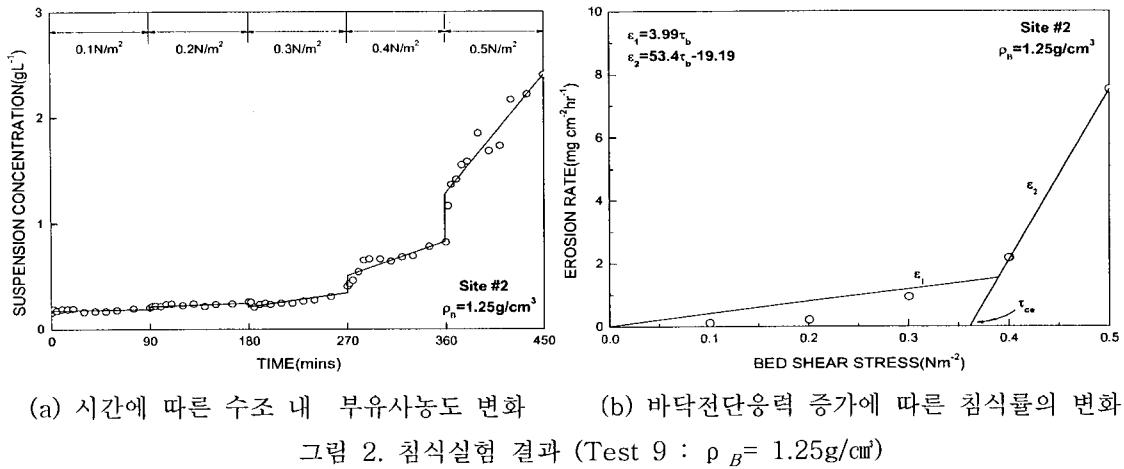
여기서 $\varepsilon_{M.s}$ 는 침식률 계수이며, τ_b 는 흐름에 의한 저면전단응력이다. 한편, 본 침식실험에서 각각의 주어진 저면전단응력에 대한 침식률은 단위 면적 당 침식된 유사질량의 시간변화율을 전체 깊이(수심)에서의 부유사 농도의 시간변화율로 변환시킴으로써 다음과 같이 표현되어질 수 있다.

$$\varepsilon = \frac{dm}{dt} = h \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2)$$

여기서 m 은 단위 저면표면적당 침식된 유사량, 그리고 h 는 수심을 나타낸다.

본 연구에서는 각 실험별로 작성된 시간에 따른 수조 내 부유사 농도변화 그래프와 식 (1), (2)를 이용하여 저면전단응력과 침식률 간의 관계곡선을 도출하고, 이로부터 표면침식(surface erosion) 단계에서 침식한계전단응력($\tau_{ce.s}$)과 침식률계수 ($\varepsilon_{M.s}$)값을 산정하였다. 이에 대한 상세한 설명은 황규남 등(2005)에 주어진다.

그림 2(a)는 시간에 따른 부유사 농도변화에 대한 한 예(Test 9)를 나타내며, 균일저면의 조건 하에서 침식이 진행되는 동안 수조내의 부유사 농도가 시간에 따라 선형적으로 증가하는 현상을 잘 보여주고 있다. 한편, 그림 2(b)는 Test 9의 $\tau_{ce.s}$ 및 $\varepsilon_{M.s}$ 의 산정을 위하여 저면전단응력에 대한 침식률 데이터로부터 도출된 침식률 곡선을 보여주고 있다. 그림에서 2개의 접합곡선 ε_1 과 ε_2 가 산정되었는데 여기서, 접합곡선 ε_1 은 작은 저면전단응력에서의 상부의 교란된 일부 퇴적저면(fluff)의 침식을 나타내고, 접합곡선 ε_2 는 상대적으로 큰 저면전단응력에서의 표면침식을 나타낸다. fluff 침식으로 인한 상부의 일부 퇴적저면에서 침식된 유사량은 실제로 그다지 크지 않고, 또한 본 연구의 목적이 표면침식특성에 관한 연구이므로 fluff 침식은 본 분석에서 무시되었다.



본 연구에서 $\tau_{ce,s}$ 및 $\varepsilon_{M,s}$ 는 Shields(1936)가 제시한 방법에 따라, 표면침식에 대한 $\tau_{ce,s}$ 는 접합곡선 ε_2 를 횡좌표 축까지 외삽시켜 구해지며, $\varepsilon_{M,s}$ 는 접합곡선 ε_2 의 기울기와 $\tau_{ce,s}$ 를 곱하여 구해진다. 그림 2(b)를 보면 Shields(1936)가 제시한 방법에 따라 산정된 $\tau_{ce,s}$ 및 $\varepsilon_{M,s}$ 각각의 값은 0.36N/m^2 와 $19.2 \text{mg/cm}^2\text{hr}$ 임을 알 수 있다.

5. 결 언

본 연구의 목적은 시화호 표층에 분포하는 점착성 퇴적물의 침식특성을 정량적으로 산정하고 산정된 침식특성의 지역적 변화 및 타 지역 침식특성 결과와의 비교/분석을 통한 공간적 변화를 파악하는 것으로 현재 3개 지점(#1, #2, #3) 지점에 대한 침식실험은 완료된 상태이나, 실험 결과에 대한 분석은 아직 수행 중에 있다. 본 논문에서는 일부 침식실험 결과만이 제시된 상태이나 학술 발표회에서는 시화호 해역 내 지역적 변화 및 타 지역 퇴적물과의 비교·검토 결과와 더불어 전체 분석결과가 제시될 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 전북대학교 부설 공학연구원 공업기술연구센터의 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 류홍렬, 이현승, 황규남 (2006). 금강 하구역 점착성 퇴적물에 대한 침식률 매개변수의 정량적 산정. 한국해안·해양공학회지, 제18권 제4호, pp. 283-293.
- 황규남, 소상돈 (2002). 환형수조를 이용한 미세-점착성 퇴적물의 침식특성 조사. 한국수자원학회 학술발표회논문집(II), pp. 1075-1080.
- 황규남, 소상돈, 김태민 (2005). 미세-점착성 퇴적물의 침식률 산정을 위한 실험적 연구, 한국해안·해양공학회논문집 제17권 제2호 pp. 119-128.
- Ariathurai, R. and Arulanandan, K. (1978). Erosion rates of cohesive soils, J. Hyd. Div., Asce. 104, HY2, 279-283.

5. Hwang, K.-N., (1989). Erodibility of fine sediment in wave-dominate environments., Master's Thesis, University of Florida.
6. Mehta, A.J. (1986). Characterization of cohesive sediment properties and transport processes in estuaries, *Estuarine Cohesive Sediment Dynamics*, A.J. Mehta ed., Springer-Verlag, Berlin, pp. 290–325.
7. Shields A. (1936). Anwendung der Ahnlichkeitsmechanik und Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. Mitteil. Preuss. Versuchsanst. Wasser Erd. Schiffbau, Berlin, No. 2.