

환형수조를 이용한 근산해역 점착성 퇴적물의 침식특성 연구

A Study on Erosional Properties of Fine-Cohesive Sediment from Keum Estuary Using Annular Flume

○ 이현승¹⁾ · 황규남²⁾

1. 서론

주로 하구역에 널리 분포되어 있는 미세-점착성 퇴적물과 관련하여 발생하는 문제점들은 크게 두 종류로 분류될 수 있다. 첫째는 저면 퇴적물이 침식(erosion)되고, 이송(transport)되어, 퇴적(deposition)하는 과정에서 발생하는 제반 퇴적물 이동역학과 관련된 문제들로, 해저 퇴적물의 과다 침식 혹은 과다 퇴적에 의한 해안침식 및 항로매몰 현상 등이 이에 속한다. 둘째로는 환경공학적인 문제로서, 높은 탁도는 태양 빛의 투과능을 저하시키고, 결과적으로 수층 내 생태계에 큰 영향을 미쳐 생물학적 생산성을 저하시킬 수 있다. 더욱이, 미세-점착성 퇴적물은 부유 혹은 용해상태의 여러 가지의 독성을 가진 오염물질과 쉽게 결합하는 경향이 있어, 하구에서의 수질 오염의 주 요인이 된다. 한편, 이러한 오염과 관련된 문제들에서도 퇴적물 자체의 이동특성에 대한 해석 및 예측이 또한 기본적으로 요구된다.

하구의 퇴적물은 흔히 갯벌이라 칭하는 mud로 구성되어 있다. 이러한 mud는 주로 silt와 clay로 구성되어 있고 소량의 sand를 함유하고 있다. 따라서 하구 퇴적물은 점착성을 띠며 모래와 같은 사질성 퇴적물과는 그 이동특성이 크게 다르고 매우 복잡하다. 그러므로 해안침식, 항로매몰 현상, 수질오염 등의 원인과 해결책을 제시하기 위해 기본적으로 미세-점착성 퇴적물인 silt와 clay의 이동특성, 퇴적물의 이동경로, 퇴적물의 공급원 등에 대한 해석이 이루어져야 하며, 이러한 해석을 위해서는 미세-점착성 퇴적물(silt and clay)의 침식에 관한 특성 또한 필수적으로 조사되어야만 한다.

하구에서의 미세 점착성 퇴적물은 주로 부유사로서 이동되고 퇴적되며, 하구내에서 점착성 퇴적물의 이동 현상은 해수 유동, 유체의 화학적 특성, 그리고 퇴적물의 물리-화학적 특성 등에 의해 좌우된다. 점착성 퇴적물의 침식에 대한 원인과 매커니즘들은 상당히 복잡하다. Winterwerp et al. (1990)는 점착성 퇴적물의 이동학적 특성을 규명하기 위해 28개의 매개변수들에 대해 조사를 하였으며, 이러한 많은 매개변수들이 점착성 퇴적물들의 특성에 영향을 미친다고 주장하였다. 따라서 미세-점착성 퇴적물의 기본특성은 site-specific한 성격을 갖기 때문에 침식과 관련된 계수들을 실험이나 현장관측으로부터 직접 구한 후에 입력하여 사용되어져야만 하며, 타 지역의 관측값을 임의대로 사용할 수가 없다.

오랫동안 점착성 퇴적물의 침식 특성에 대해 많은 연구들이 이루어져 오고있다. 일반적으로 이전의 실험적

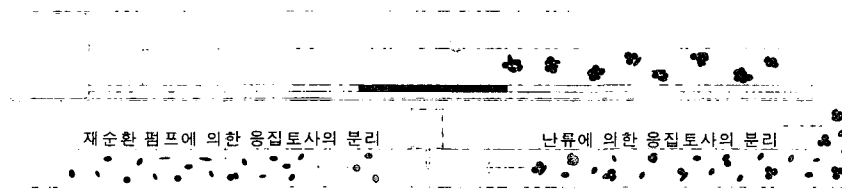


그림 1. 직선수조의 개략도(2003, 소상돈)

- 1) 전북대학교 토목공학과 석사과정
- 2) 전북대학교 토목공학과, 공학연구원, 공업기술연구센터, 조교수

연구들은 정상류 조건하에서 실험이 이루어졌거나, 혹은 재순환 펌프를 사용하는 직선수조에서 주로 수행되었다. 그러나, 실제 하구에서는 흐름 조건이 난류상태이고, 직선수조는 그림 1에서 보여지는 것처럼 응집된 입자들이 재순환 펌프에 의해 파괴된다는 점을 고려할 때 그 효용성이 의문시되고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 고안된 환형수조의 사용이 실험방법 및 결과 등에서 그 타당성이 가장 선호되는 장치로 알려지고 있다(Maa, 1989; Krishnappan, 1993; 황규남·소상돈, 2002).

최근 황규남·소상돈(2002)은 점착성 퇴적물의 침식특성 조사를 목적으로 국내 최초로 환형수조를 제작하였으며, 고령토를 이용한 예비실험을 통하여 환형수조의 성능 및 침식실험 결과의 타당성을 입증한 바 있다. 본 연구에서는 황규남·소상돈(2002)의 환형수조를 사용하여 군산해역 점착성 퇴적물의 침식특성을 정량적으로 해석하고자 하며, 또한 그 값의 지역적·계절적 변화도 파악하고자 한다.

2. 퇴적물 시료의 채취

군산 해역 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식특성의 지역적 변화 분석을 위한 퇴적물 표본 시료는 계절별·지역별로 4개 지점에서 총 7개의 시료가 채취되었다. 선정된 1개 지점(지점 #2)에 대해서는 계절적 변화 분석을 위하여 하계(2001년 8월), 추계(동년 11월), 그리고 동계(2002년 2월)의 3회에 걸쳐 시료 채취가 이루어졌으며, #1 지점은 추계시(2001년 11월)와 동계시(2002년 2월)에 걸쳐 2회 채취되었으며, #3, #4 지점은 추계시(2001, 11월)에만 각각 1회씩 채취되었다(그림 2). 본 논문에서는 #1지점에서 동계시와 추계시에 채취된 2개 시료에 대한 분석 결과만을 이용하여 군산 해역 점착성 퇴적물의 일반적 특성을 살펴보고자 하며, 계절적 변화와 공간적 변화에 대한 분석은 포함되지 않는다.

퇴적물은 Grab sampler로 채취되었으며, 현장 해수의 조건을 반영하기 위하여 동일 지점에서 채취한 해수를 침식실험의 전 과정에서 사용하였다. 본 연구에서 사용된 #1지점의 퇴적물 표본시료의 채취 위치와 경위도 좌표계는 그림 2와 표 1에 주어진다.

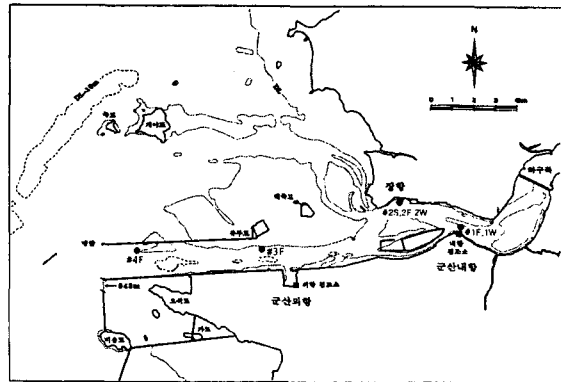


그림 2. 군산해역 퇴적물 표본채취 위치도

표 1. 표본채취 지역의 경위도

Site No.	일 자	N	E
1F	2001.11.20(Fall)	35° 59' 30"	126° 42' 42"
1W	2002.2.8(Winter)	35° 59' 30"	126° 42' 42"

3. 군산해역 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식수의 특성

앞서 전술된 바와 같이 점착성 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성인 입경분포, 광물질 구성, 유기물 함량 등과 침식수의 특성인 염도, 수온, pH 등은 퇴적물의 침식 특성과 기본적으로 관련이 있으므로 이러한 항목들에 대한 조사·분석은 침식특성 조사시에 필수적 사항이라 할 수 있다. 본 침식실험에 사용된 지점 #1에서 채취된 퇴적물 표본시료에 대한 물리·화학적 특성은 천민철(2003)에 의해 조사된바 있으며, 그 결과는 표 2

표 2 군산해역 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침식수의 특성

Site No.	퇴적물의 특성		광물질 구성	침식수의 특성		
	평균입경(μm)	유기물함량(%)		염분(‰)	수온($^{\circ}\text{C}$)	pH
1F	30	2.85	1. 석영, 2. 미사장석 3. 일나이트, 4. 고령토, 녹니석	21.18	4-8.5	8.29
1W	37	4.12				

에 주어진다. 본 실험에 사용된 침식수의 특성 또한 표 2에 주어진다.

4. 침식 실험

앞서 언급한 것처럼 침식특성 조사를 위해서 전북대 환형 수조가 사용되었다. 전북대 환형수조의 특성과 주요 제원, 그리고 자세한 실험방법은 소상돈(2003)에 의해 주어진다.

채취된 시료는 각각 No. 200체로 습식 체질을 하여 75 μ m 이하의 입자들이 실험에 사용되었다. 한편 본 침식실험에서는 균일저면이 사용되었으며, 균일저면의 형성 여부는 소상돈(2003)에 의해 특수 제작된 저면밀도 측정 장치를 이용하여 확인되었다. 자세한 저면밀도 측정방법과 침식실험방법은 소상돈(2003)에 주어진다. 본 연구에서 채택된 침식실험방법에 대한 흐름도는 그림 3에 주어진다.

5. 결과 및 분석

그림 4는 저면밀도 $\rho_B = 1.34\text{g/cm}^3$ 일 때 Hwang and Mehta(1989)에 의해 명시된 중량 분석법을 통하여 도출된 시간에 따른 부유사 농도 분포도이다. 균일저면의 경우에, 침식이 진행되는 동안 부유사 농도는 시간에 따라 선형적으로 증가하는데, 그림 4는 이러한 현상을 잘 보여주고 있다. 각각의 주어진 저면전단응력에 대한 침식률은 다음과 같이 표현된다.

$$\varepsilon = \partial m / \partial t = h(\partial C / \partial t) \quad (1)$$

여기서 ε 은 침식률, m 은 단위 저면 표면적 당 침식된 유사량, 그리고 h 는 수심을 나타낸다. 식 1과 그림 4를 이용하여 저면전단응력과 침식률간의 관계 곡선이 도출되었으며, 그 결과는 그림 5에 주어진다. M_1 경사선은 작은 전단응력에서의 fluff 침식률을 나타내고, M_2 는 상대적으로 큰 전단응력에서의 표면침식률을 나타낸다. 그러나 fluff 침식은 침식된 유사의 실제 질량이 크지 않고, 본 연구의 목적은 표면침식특성의 조사이므로 더 이상의 고려는 무시된다.

표면침식(surface erosion) 단계에서 침식한계전단강도 ($\tau_{ce,s}$)는 M_2 선을 횡좌표 쪽으로 연장하여 얻어지며, 침식률 계수($\varepsilon_{M,s}$)는 M_2 와 $\tau_{ce,s}$ 를 곱하여 얻어진다. 그림 5를 통하여 보면 $\tau_{ce,s}$ 와 $\varepsilon_{M,s}$ 의 각각의 값은 0.38N/m^2 과 $22.39\text{mg/cm}^2\text{hr}$ 임을 알 수 있다.

6. 결론

앞서 언급한바와 같이 본 연구의 궁극적인 목적은 균

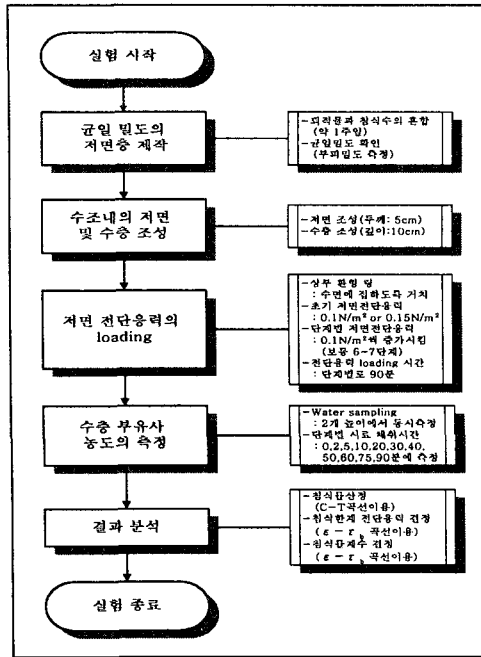


그림 3. 침식실험 흐름도

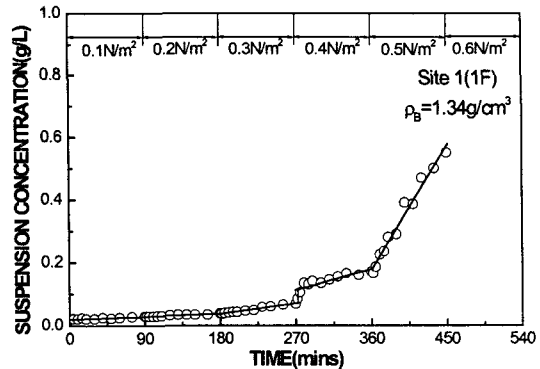


그림 4. 시간에 따른 부유사 농도의 변화

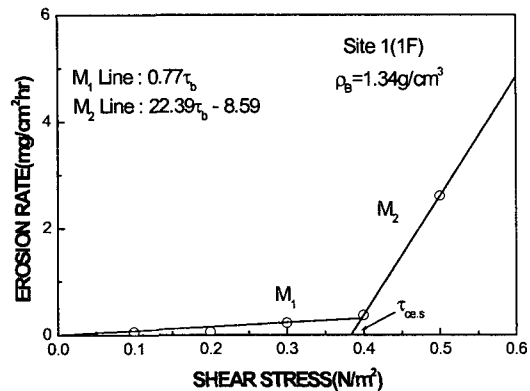


그림 5. 저면전단응력과 침식률의 관계

산 해역 퇴적물의 침식 특성을 정량적으로 산정하고, 그 값의 국소 지역에서의 공간적·계절적 변화를 파악하는 것이다. 현재 1개 지점의(#1) 추계시와 동계시의 2개의 시료에 대한 실험은 완료된 상태이나, 실험 결과에 대한 분석은 아직 수행 중에 있다. 본 논문에서는 일부의 실험 결과만이 제시된 상태이나 학술 발표회에서는 전체 분석 결과가 타 지역 퇴적물과 비교·검토와 더불어 제시될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 R05-2001-000-01343-0)지원으로 수행되었음.

참고문헌

- 이정렬·이동영·황인태 (2000). A prediction of cohesive sediment transport in Young-Kwang area, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 905-910.
- 황규남 (2000). 새만금 갯벌퇴적물의 침강속도 산정을 위한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집, Vol. 20, No. 2-B, pp. 277-286.
- 황규남·소상돈(2002). 환형수조를 이용한 미세-점착성 퇴적물의 침식특성 조사. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅱ), pp. 1075-1080.
- 소상돈(2003). 고령토 점착성 퇴적물의 침식특성 조사. 전북대학교 석사학위논문.
- 천민철(2003). 군산해역 점착성 퇴적물의 침강특성에 관한 연구. 전북대학교 석사학위논문.
- Ariathurai, R. and Arulanandan, K. (1978). Erosion rates of cohesive soils, J. Hyd. Div., ASCE. 104, HY2, pp. 279-283.
- Ariathurai, R. and Krone, R. B. (1976). Finite element model for cohesive sediment transport. J. Hyd. Div. ASCE, 102, HY, pp. 323-338.
- Hwang, K.-N. and Mehta, A.J. (1989). Fine-sediment erodibility in Lake Okeechobee Florida, UFL/COEL-89/019, Coastal and Oceanographic Engineering Dept., UF, Gainesville, Florida.
- Krishnappan, B.G. (1993). Rotating circular flume, J. Hyd. Engineering, ASCE 119(6), pp. 758-767.
- Kuijper, C., Cornelisse, M., and Winterwerp, J.C. (1989). Research on erosive properties of cohesive sediments. J. Geophys. Res. 94, pp. 14341-14350.
- Maa, J.P.Y. (1989). The bed shear stress of an annular sea-bed flume. Proc. Water Quality Management. Hamburg, Germany, pp. 271-276.
- Maa, J.P.Y. (1993). VIMS Sea Carousel: its hydrodynamic characteristics. In: Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport, A.J. Mehta (ed.), American Geophysical Union, Washington, pp. 265-280.
- Maa, J.P.Y., Lee, C.-H. and Chen, F.J. (1995). Bed shear stress measurement for vims Sea Carousel. Mar. Geol., 129, pp.129-136.
- Mehta, A, J. (1993). Cohesive Sediments in Coastal Engineering Applications Coastal, Estuarial and Harbour Enginner's Reference Book, pp. 597-610.
- Parchure, T.M. and Mehta, A.J. (1985). Erosion of soft cohesive sediment deposits, J. Hyd. Engineering, ASCE, 111(10), pp. 1308-1326.
- Teisson, C., Ockenden, M., Hir, P.L., Kranenburg, C. and Hamm, L. (1993). Cohesive sediment transport processes. Coastal Engineering, 21, pp. 129-162.
- Winterwerp, J.C., Cornelisse, J.M. and Kukjper, C. (1990) Parameters to characterise natural muds. In: Abstract Volume, Int. Workshop on Cohesive Sediments, Brussels. KBIN, Brussels, pp. 103-105.