

한강 하구 점착성 퇴적물 침강속도의 계절적 변화에 관한 연구

A study on Seasonal variation of settling velocities of Cohesive Sediments from Han estuary

황규남*, 서영덕** 정의택***

Kyu-Nam Hwang, Young Deok Seo, Eui-Taek Jung

요 지

한강 하구 점착성 퇴적물의 침강속도를 정량적으로 산정하고, 산정된 침강속도의 계절적 변화 해석을 목적으로 침강수주를 이용한 침강 실험이 수행되었다. 침강실험은 1개 정점에서 3계절에 채취된 퇴적물 표본 시료에 대해 계절별로 5~6회씩 총 16회의 실험이 수행되었으며, 또한 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성 및 해수 특성에 따른 침강속도의 정성적 변화 특성을 파악하기 위하여 한강 하구 점착성 퇴적물에 대한 물리·화학적 특성 및 해수 특성에 대한 분석이 수행되었다. 본 연구를 통하여 도출되는 한강 하구 점착성 퇴적물 침강속도의 정량적 결과는 향후 한강 하구에 대한 체계적 관리 및 기능 회복을 위한 기술 개발시에 크게 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 저먼의 침식과 퇴적에 따른 하상변동 해석, 수질 및 퇴적물 오염 절감을 위한 대책 방안 수립 등 다양한 목적으로 크게 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 한강 하구, 점착성 퇴적물, 물리·화학적 특성, 계절적 변화

1. 서론

한강 하구역은 하천류 보다 조류에 의한 에너지가 상대적으로 매우 큰 대조석 하구(macro-tidal estuary)이며 또한 조류에 의한 난류현상으로 인하여 담수와 해수의 혼합이 매우 잘 이루어지는 강혼합형 하구(well-mixed estuary)로, 표층 퇴적물의 침식과 퇴적에 따른 하상변동 및 그에 따른 수층 부유사 농도의 시공간적 변화가 크게 발생할 수 있는 해역이다. 또한 한강 하구를 포함하여 대부분의 하구에는 소위 “갯벌”이라 불리는 점착성 퇴적물이 널리 분포되어 있는데, 이러한 점토 입자들은 부유 혹은 용해상태의 여러 가지의 독성을 가진 오염물질과 쉽게 결합하는 경향이 있으며, 작은 유동력에 의해서도 쉽게 부유될 수 있는 특성을 가지고 있어 수질 오염의 주요인이 되기도 한다.

일반적으로 하구의 점착성 퇴적물은 무기성 광물, 유기물 및 생화학물의 혼합체이며, 광물 입자들은 주로 점토와 실트로 구성되어 있다. 이러한 혼합체의 침강특성은 입자간의 응집 현상에 의해 크게 영향을 받으며, 그 응집강도는 광물질 구성, 양이온 교환능력, 입경분포, 유기물 함량 등으로 묘사되는 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성에 따라 크게 변화된다(Mehta, 1986). 따라서 부유 입자에 부여되는 수동학적 조건이 동일하다 하더라도, 퇴적물 자체의 특성에 따라 그 침강특성은 달라지게 되며, 이러한 “site-specific”한 특성으로 인하여 점착성 퇴적물의 침강속도에 대한 이론적 해는 현재 없으며 현장이나 실내 실험을 통하여 측정하는 것이 최선이다.

* 정회원-전북대학교 토목공학과공학연구원 공업기술연구센터, 부교수E-mail : Khwang@chonbuk.ac.kr

** 정회원-(주)삼안 엔지니어링E-mail : seo7907@chonbuk.ac.kr

*** 정회원-한국수자원공사 수자원개발처 팀장E-mail : jet@kwater.or.kr

한편, 퇴적물 자체의 기본특성은 동일 해역내에서도 계절적으로 크게 변화할 수 있으므로, 그 침강특성 또한 계절별로 크게 변화할 수 있다. 이러한 점은 결론적으로 한 해역 내에서 퇴적물의 침강특성 분석시에 계절적 변화에 대한 분석 또한 필수적으로 수행되어야 함을 의미한다.

본 연구에서는 한강 하구역 점착성 퇴적물의 침강특성이 정량적으로 산정되고, 그 값의 계절적 변화(seasonal variation)가 검토·분석된다. 본 연구를 통하여 도출되는 한강 하구역 점착성 퇴적물의 침강특성 매개변수들은 향후 한강 하구역에 대한 체계적 관리 및 기능 회복을 위한 기술 개발시 크게 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 저면의 침식과 퇴적에 따른 하상변동 해석, 수질 및 퇴적물 오염 절감을 위한 대책 방안 수립 등 다양한 목적으로 크게 활용될 수 있을 것이다.

2. 표본 시료의 채취 및 해수의 특성

한강 하구 점착성 퇴적물의 물리·화학적 특성 및 침강특성의 계절적 변화 분석을 위한 퇴적물 표본시료 채취는 춘계(2007년 5월 29일), 하계(2007년 8월 2일) 및 동계시의(2007년 12월 4일) 3회에 걸쳐 이루어졌다. 퇴적물 표본 시료는 채니기(grab sampler)를 이용하여 채취되었으며, 또한 계절별 현장 해수 조건을 반영시키기 위하여 각 계절별 퇴적물 시료 채취시각과 동일 시각에 해수가 채취되었고, 채취된 해수는 각 계절별로 침강실험 전 과정에서 사용되었다. 퇴적물 표본 시료의 채취 위치와 경위도 좌표계는 그림 1에 주어진다.



그림 1. 한강 하구 퇴적물 표본 시료 채취 위치도

3. 각 계절별 한강 하구 퇴적물 및 해수의 기본특성

앞서 전술된 바와 같이 점착성 퇴적물의 침강특성은 입경분포, 광물질 구성성분, 유기물 함량 등으로 묘사되는 퇴적물 자체의 물리·화학적 특성과 염도, 수온, pH등과 같은 유체의 특성에 따라 크게 변화하므로(Mehta 1986), 이러한 항목들에 대한 조사·분석은 침강특성 조사시에 필수적 사항이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 침강실험에 사용된 퇴적물 표본시료에 대한 물리·화학적 기본특성 조사로써, 입경분포, 유기물 함량 및 광물질 구성에 대한 3가지 분석이 수행되었으며, 해수의 특성으로는 염도, 수온 및 pH의 3가지 항목이 조사되었는데, 각 계절별로 그 결과들은 표 1에 주어진다.

표 1. 각 계절별 한강 하구 점착성 퇴적물의 물리·화학적 기본특성 및 해수의 특성

퇴적물의 특성				해수의 특성		
계절	평균입경(μm)	유기물함량(%)	광물질 구성	염도(‰)	수온($^{\circ}\text{C}$)	pH
춘계	17	4	1. 석영, 2. 미사장석 3. 일나이트, 4. 고령토, 녹니석	27.3	17.6	7.94
하계	14	5		25.1	25.2	7.83
동계	20	4		29.5	7.7	7.89

4. 침강 실험 및 결과

4.1 실험 방법

본 연구에서, 침강 실험은 높이 1.8m의 특수 제작된 침강수주(settling column)를 이용하여 수행되었다. 수주 본체는 plexiglass로 제작되었으며, 그 내측 직경은 17cm이다. 또한, 직경과 길이가 각각 5mm, 10cm인 tap hose가 각기 다른 10개의 높이에서 수주 본체의 측면에 부착되었다. 실험에 사용된 침강수주의 모습 및 단면도는 그림 2와 그림 3에 주어진다. 우선, 각 계절별로 채취된 퇴적물 표본시료는 직경 74 μ m인 No.200 체로 wet sieving 방법으로 미세 토사 입자만 분리하여 취해졌으며, 침강실험은 분리된 미세 토사입자에 대하여만 수행되었다. 중량분석을 통하여, 침강수주의 각기 다른 높이에서 일정간격의 시간에서 채취된 탁수들의 부유사 농도가 측정되었고 각 실험별로 농도 단면도가 작성되었다. 각각의 높이와 시간에서 측정된 모든 부유사 농도 값들은 Ross(1988)가 개발한 수치모형에 입력값으로 사용되어, 부유사의 각 농도별로 침강속도 값들이 산정되었다. 침강실험 과정 및 Ross(1988)의 수치모형에 의한 침강속도 산정 방법에 대한 자세한 사항은 황규남(2000)에 주어진다.



그림 2. 실험에 사용되고 있는 높이 1.8m의 침강수주

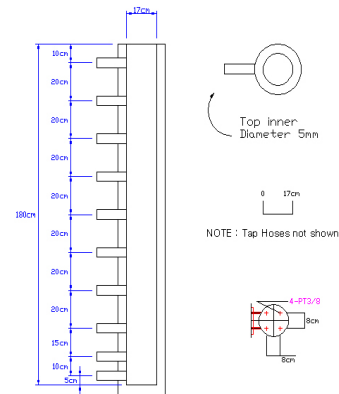


그림 3. 침강수주 설계단면도

4.2 침강실험 결과

중량분석을 통하여, 침강수주의 각기 다른 높이와 시간에서 채취한 탁수들의 부유사 농도가 측정되었고, 각 실험별로 작성된 농도단면도 중에 대표적인 예가 그림 4, 5, 6에 주어진다. 그림 4는 초기농도가 저농도($C_0 = 0.78\text{g/L}$)인 경우로써, 부유사 농도가 전체 수주에서 점차적으로 감소하는 저농도 영역에서의 침강형태를 잘 나타내고 있다. 그림에서 바닥면 근처에서 고농도층의 발달은 관찰되어지지 않고 있는데, 그 이유는 바닥면 근처에서 고농도 층이 발달은 하였으나 아주 빨리 발달 되었고, 발달된 층의 높이가 제일 하단부에 있는 top horse의 높이(5cm)보다 아래에 위치한 때문이다. 그림 5는 초기농도가 중농도($C_0 = 10.84\text{g/L}$)인 경우로써, 2개의 명확한 경계면의 발달을 특징적으로 보여주고 있는데, 상부 경계면의 아래로는 부유사의 침강이 계속되나 경계면 위에서는 희석(thinning)이 발생하는 한편, 하부 경계면에서는 간섭침강의 발생과 더불어 연직방향에서의 부유사 플럭스량이 감소하는 중농도의 침강형태를 잘 나타내고 있다. Ross(1988)에 따르면, 간섭침강(hindered settling)이라고 불리는 고농도의 침강은 초기부유사 농도가 20g/L보다 큰 경우에 발생하는 것으로 알려지고 있다. 고농도 침강의 경우, 부유사 농도가 증가함에 따라 부유사 플럭스

량이 감소하는 특성을 가지는데 한강 하구 퇴적물의 경우에는 이러한 특성이 잘 나타나지 않고 있다. 그림 6은 고농도($C_0 = 24.20\text{g/L}$) 경우로 중농도 침강의 경우와 거의 구별이 되지 않는 형태임을 알 수 있는데 이는 한강 하구 퇴적물의 경우 간섭침강은 초기 부유사 농도가 30g/L 보다 더 클 때 발생할 것으로 추정된다. 현재, 농도단면도를 이용한 침강실험 결과 분석은 아직 진행 중에 있으며, 학술발표회에서는 침강속도 곡선식의 계절별 산정결과와 그 특성의 계절별 변화에 대한 해석 결과가 제시될 수 있을 것이다.

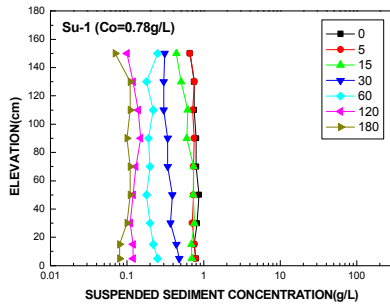


그림 4. 초기농도가 저농도 침강영역($C_0 = 0.78\text{g/L}$)일때의 점착성 퇴적물의 농도단면도

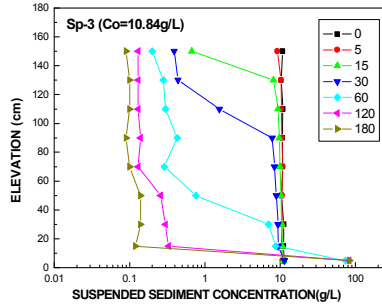


그림 5. 초기농도가 저농도 침강영역($C_0 = 10.84\text{g/L}$)일때의 점착성 퇴적물의 농도단면도

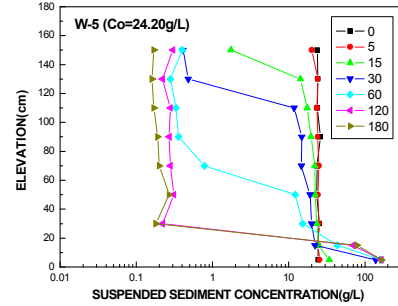


그림 6. 초기농도가 저농도 침강영역($C_0 = 24.20\text{g/L}$)일때의 점착성 퇴적물의 농도단면도

5. 결론

본 연구의 목적은 한강 하구역 점착성 퇴적물의 침강특성을 정량적으로 산정하고 산정된 침강 특성의 계절적 변화를 파악하는 것으로 현재 춘계, 하계, 동계시에 대한 침강실험은 완료된 상태이나, 실험 결과에 대한 분석은 아직 수행 중에 있다. 학술 발표회에서는 침강속도 곡선식의 계절별 산정결과와 그 특성의 계절별 변화 대한 분석결과가 제시될 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 한국 해양 연구원 연구사업인 하구역 관리 및 기능회복 기술 개발(PE97701)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 황규남, 2000. 새만금 갯벌 퇴적물의 침강속도 산정을 위한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집 20(2-B), 277-286.
2. 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.
3. Ross, M.A., 1988. Cohesive sediments in estuarine environmen. Ph.D. Dissertation, Univ. of Florida, Gainesville, FL.