

河口粘性土의 浸蝕 및 堆積에 관한 實驗的 研究 An Experimental Study on Erosion and Deposition of Estuarial Cohesive Sediment

안수한*·김재중**

Soo Hahn Ahn* and Jae Joong Kim**

要 旨 : 점성토의 퇴적현상에는 여러가지 물리화학적 인자가 작용하기 때문에 최근까지의 연구경향은 주로 현장관측이나 수리실험에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 금강하구에서 채취한 시료를 사용하여 점성토의 침식 및 퇴적에 관한 개수로 실험을 하였다. 침식에 대한 실험에서는 여러가지 수리조건에서의 시간에 따른 부유농도 변화를 측정하여 침식률 및 침식계수를 구하여 침식에 대한 한계소류력을 결정하였으며, 퇴적에 대한 실험에서는 수리조건을 변화시키면서 각 소류력에 대한 평형농도를 결정하여 평형농도와 초기농도와의 비와 소류력과의 관계를 얻었다. 본 연구의 결과를 다른 자료와 비교 검토하여 정성적으로 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

Abstract □ Cohesive sedimentation mechanism is affected by various physico-chemical factors. Thus, the field observations and the laboratory experiments for cohesive sediment have been reported for decades. Erosion and deposition test was carried out with cohesive sediment material sampled in the Keum River Estuary in this study. The change of the suspended cohesive sediment concentration was measured for various flow conditions, which have the purpose to determine the critical shear stress and the coefficients for erosion and deposition. The critical shear stress and the coefficient for erosion were determined in the flume test. The equilibrium concentration was determined for each shear stress and the relationship between the normalized equilibrium cocentration with the initial cocentration (C_{eq}/C_0) and the equivalent shear stress was obtained. The experimental results were compared with the other results and showed fairly well agreements with them.

1. 서 론

점성토의 퇴적현상(sedimentation)에 관한 연구는 운하, 항만, 하구 등에서의 퇴적현상과 주로 농경지의 침식에 관계되는 수리학적, 토질역학적 연구에서부터 시작되었다. 최근 수십년 동안 점성토의 퇴적현상은 하구 주변의 도시화 현상, 지류하천수의 공업용수, 농업용수로의 전환, 항로 수심유지 등에 대단히 중요한 요인으로 인식되어 왔으며, 특히 수질관리 측면에서도 점성토의 뛰어난 흡착력으로 인해 그 역할이 더욱 더 부각되고 있는 실정이다. 우리나라에서도 최근 낙동강 하구둑의 건설, 영산강 하구둑의 건설, 서해안 개발 등으로 인해 하구에서의 퇴적현상은 대단히 중요한 분야로 부각되고 있으며,

특히 점성토의 퇴적현상에 관한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 점성토의 특성에 대한 연구는 관련된 복잡한 인자들로 인하여 시료에 따른 실험치, 현장관측치 등에 의존하고 있으며, 본 연구에서는 점성토의 특성을 연구하기 위한 개수로 실험을 하였다. 시료는 금강하구에서 채취하였으며 여러가지 수리조건에서 시간에 따른 부유점성토 농도의 변화를 측정하여 점성토의 침식 및 퇴적에 대한 한계소류력을 결정하였다.

2. 점성토의 침식 및 퇴적에 관한 실험

점성토의 침식현상에 영향을 미치는 인자로는 염분(salinity), 온도, 퇴적물의 입도분포 곡선, 부유

*서울대학교 (Department of Civil Eng., Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

**東亞大學校 海洋工學科 (Department of Ocean Eng., Dong-Ah University, Pusan 604-714, Korea)

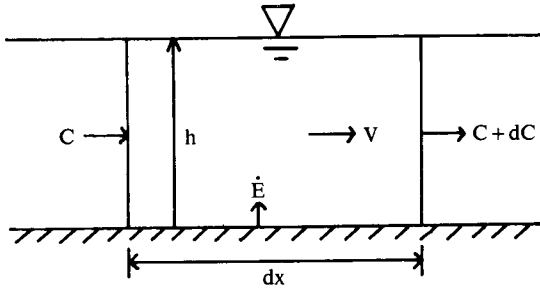


Fig. 1. Schematic diagram of erosion process.

점성토 농도, 유체의 소류력등을 들 수 있다. Sheng(1986)은 침식률(erosion rate)과 소류력과 의 관계를 실험을 통하여 규명하였는데 침식률은 Fig. 1로부터 등류조건이라 가정을 하고 연속방정식을 적용하여 식 (2)로부터 구할 수 있다.

$$ChV + Edx = (C + dC)hV \quad (1)$$

- 여기서, C : 부유점성토의 농도
- h : 수심
- V : x 방향의 평균유속
- E : 침식률
- V = dx/dt 라 두면

$$E = h \frac{dC}{dt} \quad (2)$$

점성토의 퇴적에 관한 연구는 Mehta and Partheniades(1973)에 의해 평형농도(equilibrium concentration : C_{eq}) 개념이 도입되면서 소류력과 부유점성토 농도를 측정함으로써 한계소류력 결정이 가능하게 되었다. 본 연구에 사용한 시료의 채취장소는 Fig. 2에 나타냈으며, 시료의 입도분포 곡선은 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 곡선 1은 침식에 대한 실험. 곡선 2는 퇴적에 대한 실험에 사용한 시료를 나타내며, Fig. 3으로부터 실험에 사용한 시료의 60-70a 실트에 포함됨을 알 수 있다. 실험에 사용한 개수로 실험장치는 Fig. 4와 같다. 부유점성토 농도는 분광광도계(spectrophotometer)를 사용하여 측정하였으며, 측정에 앞서 5개의 표준시료를 만들어 Fig. 5와 같은 검정곡선(calibration curve)를 구하였다.

3. 비교고찰

침식에 대한 실험결과는 Table 1과 같고, 이를 그림으로 나타내면 Fig. 6과 같다. Fig. 6은 Table

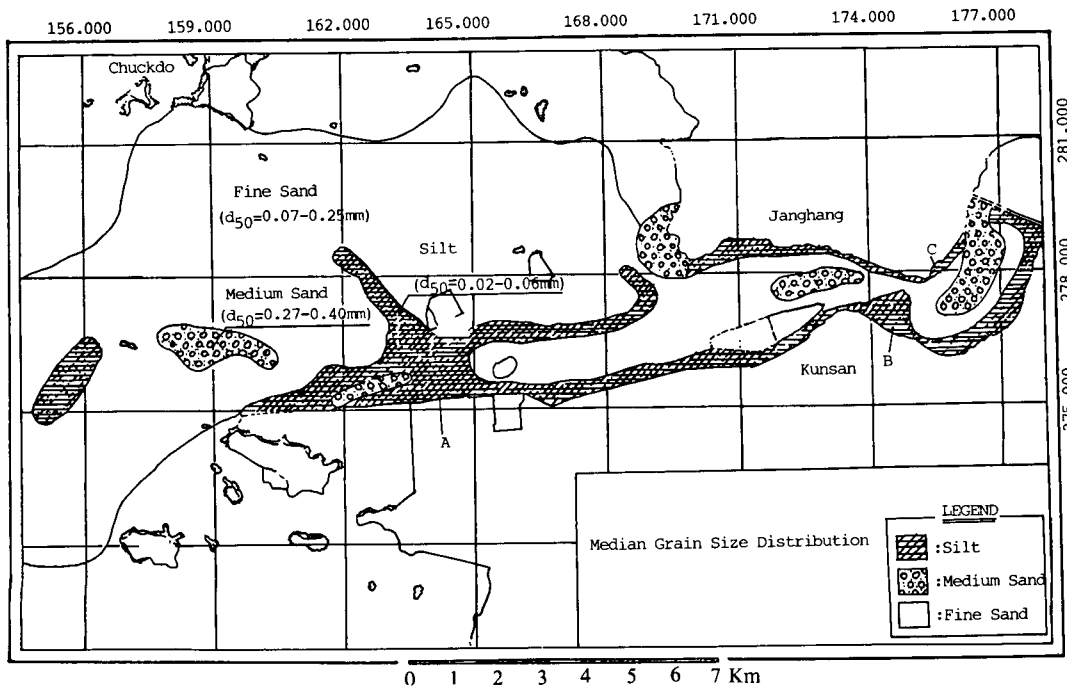


Fig. 2. Median grain size distribution in the Keum River Estuary.

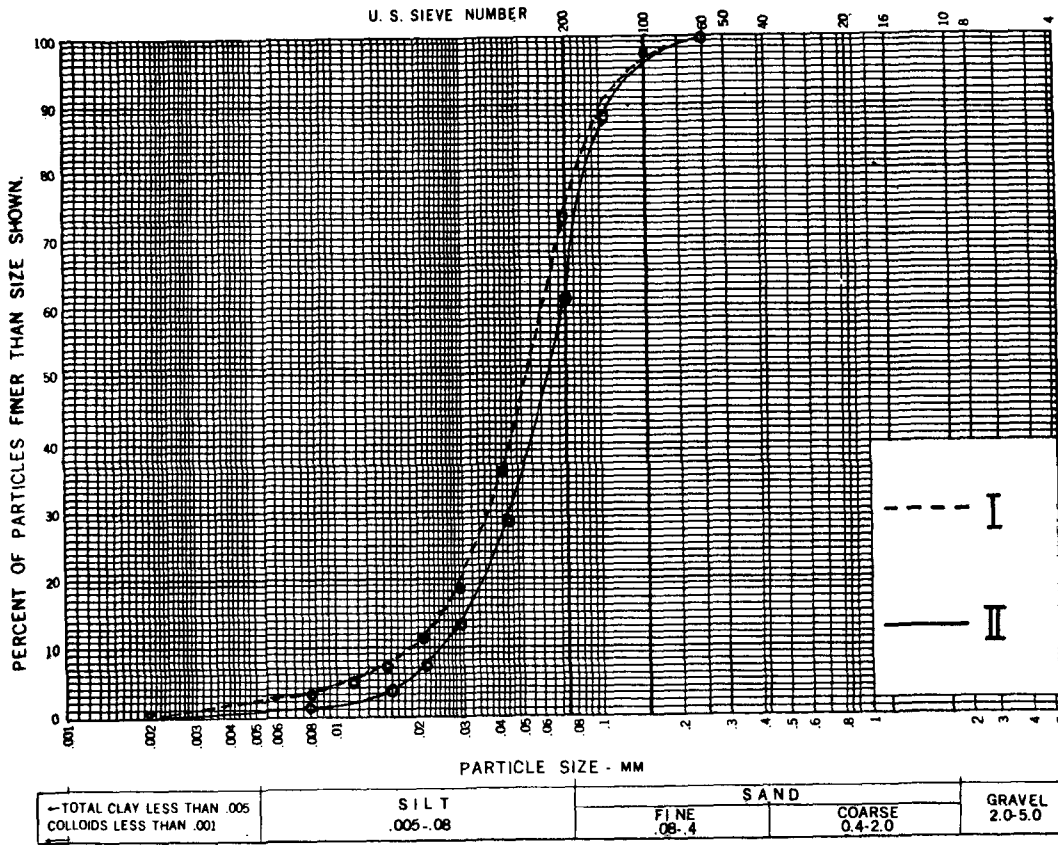


Fig. 3. Grain size distribution curves.

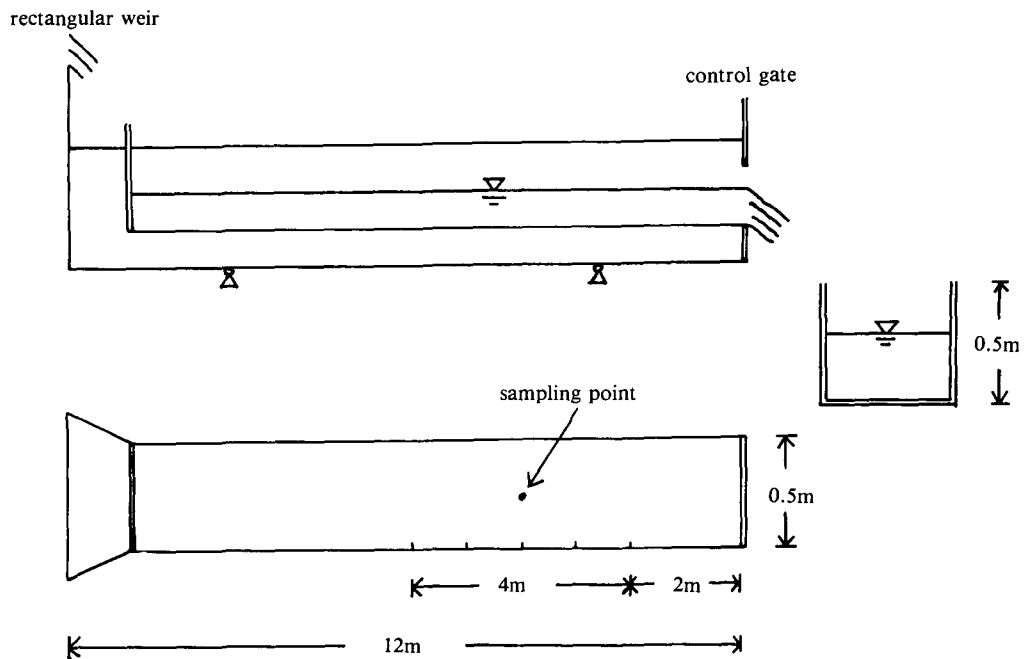


Fig. 4. Schematic diagram of experimental flume.

Table 1. Erosion rate for shear stress

Run Case	τ_b (N/m ²)	h (cm)	dC/dt (ppm/min)	E (10 ⁻⁶ g/cm ² sec)
1	0.210	17.86	4/10	1.19
2	0.320	19.14	8/10	2.55
3	0.490	12.50	14/10	2.92
4	0.576	15.48	14/10	3.62
5	0.379	18.40	14/10	2.15
6	0.847	21.08	26/10	6.09
7	0.478	18.77	12/10	3.41
8	0.605	16.24	20/10	5.41

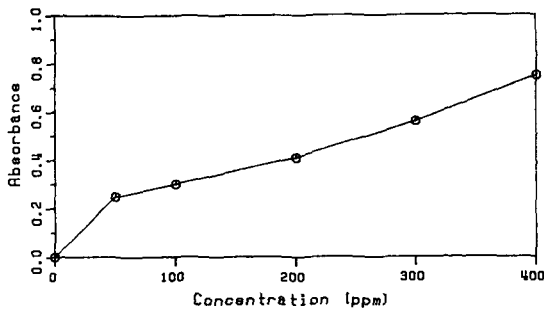


Fig. 5. Calibration curve for spectrophotometer.

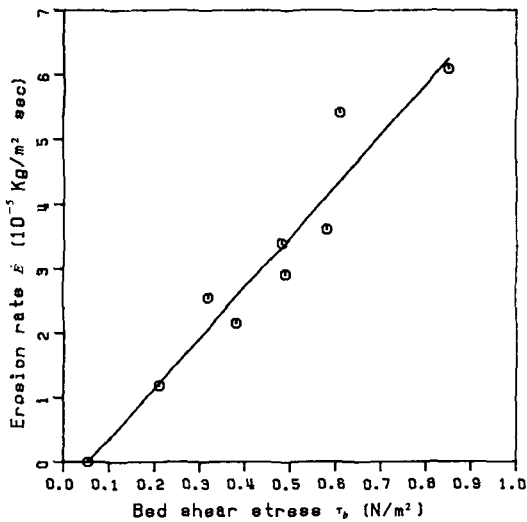


Fig. 6. Erosion rate (E) versus bed shear stress (τ_b).

1의 결과를 회귀분석하여 그림으로 나타낸 것이며, 이를 식으로 나타내면 식 (3)과 같다.

$$E = a(\tau_b - \tau_c) \quad (3)$$

여기서, $a = 0.784 \times 10^{-5}$
 $\tau_b =$ bed shear stress

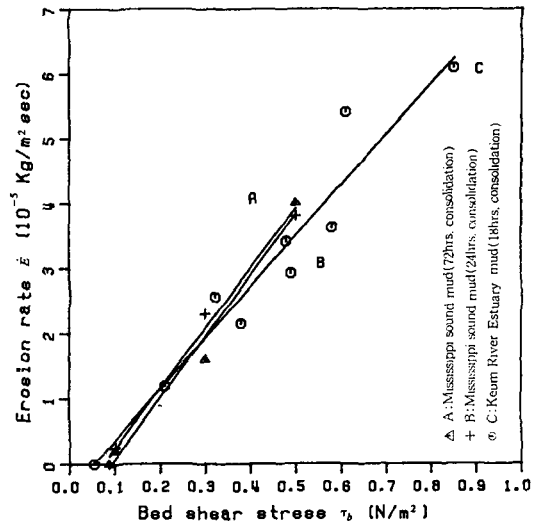


Fig. 7. Comparison with Sheng's results.

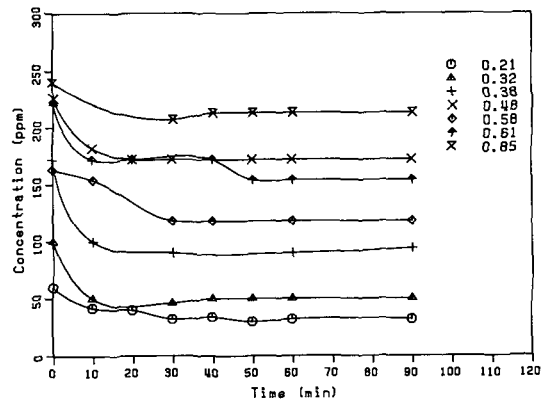


Fig. 8. Concentration with time.

$$\tau_c = 0.054 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

이 결과를 Sheng의 결과와 비교하면 Fig. 7과 같으며, Fig. 7로부터 본 실험의 결과가 Sheng의 결과와 잘 일치함을 알 수 있다. Table 2는 다른 연구 결과와 비교한 것이다.

퇴적에 대한 실험결과 시간에 따른 부유점성토 농도의 변화는 Fig. 8과 같으며, Fig. 8로부터 각 소류력에 대한 평형농도를 구하여 C_{eq}/C_0 와 소류력과 관계를 그림으로 나타낸 것이 Fig. 9이다. 이 퇴적실험의 결과를 Mehta와 Partheniades의 결과와 비교하여 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10으로부터 본 실험의 결과가 이들의 결과와 유사한 경향을 보여주고 있음을 알 수 있으며, Table 3은 다른 연구결과들을 표로 나타낸 것이다.

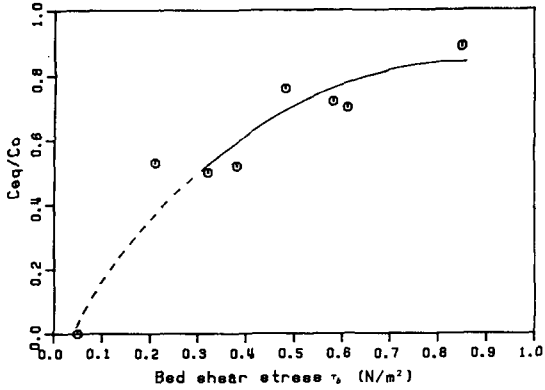


Fig. 9. Relationship between C_{eq}/C_o and bed shear stress.

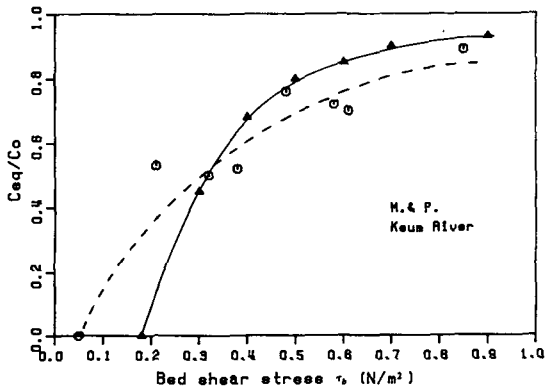


Fig. 10. Comparison with Mehta and Partheniades' result.

4. 결 론

하구 점성토의 침식 및 퇴적에 관한 개수로 실험의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 침식에 대한 실험결과 한계소류력과 침식률을 구할 수 있었으며, 결정된 값들을 다른 자료 (Table 2)와 비교하였을 때 상당히 좋은 결과로 판단된다.
2. 퇴적에 대한 실험결과 각 소류력에 대한 평형 농도를 구할 수 있었으며 한계소류력을 정확하게 결정하지는 못하였으나, 추정된 값은 다른 자료와 (Table 3) 비교할 때 상당히 유사함을 알 수 있었다.
3. 이상의 실험결과는 금강하구에서의 점성토 확산 모델을 수치계산하는데 사용될 수 있을 것이며, 앞으로의 연구과제로서 점성토의 퇴적현상에 있어서 중요한 역할을 하는 염분 (salinity)의 영향이 추가

Table 2. Characteristic features of erosion test

Author	Consolidation (hours)	τ_c (N/m^2)	Coefficient ($\times 10^{-5}$)
Thorn & Parsons (1980)	0 48	0.1-1.0 0.05-0.19	
Nicholson (1983)	observed	0.05	
Sheng (1986)	24 72	0.087 0.087	0.933 0.100
This Study	18	0.054	0.784

Table 3. Characteristic features of deposition test

Author	Sample	Critical shear stress (N/m^2)
Einstein & Krone (1962)	San Francisco Bay mud	0.6, 0.78
Odd & Owen (1972)	Thames Estuary mud	0.04, 0.08
Mehta & Partheniades (1973)	Kaolinite	0.18
HRS (1980)	Garolim Bay mud	0.07

된 실험과 소류력이 작은 영역에서의 실험결과가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

근산항 건설사무소, 1988. 금강하구 수리현상 조사 보고서 1. 현지자료조사.
 한국과학기술연구소 부설 해양개발연구소, 1976. 항만매물 방지대책에 관한 연구.
 Ariathurai, R. and Krone, R. B., 1976. Mathematical modeling of sediment transport in estuaries, in *Estuarine Processes*, Wiley, M. (ed.) Academic Press.
 Einstein, H.A. and Krone, R. B., 1962. Estuarial sediment transport patterns, *J. of Hyd. Div.*, ASCE, Vol. 67.
 Hayter, E.J., 1983. Prediction of cohesive sediment movement in estuarial waters, Ph.D. Thesis, Univ. of Florida.
 Krone, R.B., 1983. Cohesive sediment properties and transport processes, in *Frontiers in Hydraulic Engineering*, Hung, T.S. (ed.), ASCE.
 Mehta, A.J. and Partheniades, E., 1982. Kaolinite resuspension properties, *J. of Hyd. Div.*, ASCE, Vol. 105.
 Mehta, A.J. and Partheniades, E., 1982. Resuspension of deposited cohesive sediments bed, *Proc. of the 18th Coastal Eng. Conference*, ASCE, Vol. 2, Cape Twn, South Africa.
 Nicholson, J.M.C., 1983. Three-dimensional models of

- particulate and cohesive suspended sediment transport, Ph.D. Thesis, Victoria Univ. of Manchester.
- Sheng, Y.P., 1986. Modeling bottom boundary layer and cohesive sediment dynamics in estuarine and coastal waters, in Estuarine cohesive sediment dynamics, Mehta, A.J. (ed.), Springer-Verlag.
- Thorn, M.F.C. and Parsons, J.G., 1980. Erosion of cohesive sediments in estuaries: an engineering guide, Third International Symposium on Dredging Technology, British Hyd. Res. Association. Cranfield.