

표사포획장치를 이용한 부산연안의 부유물질 수지분석
Budget Analysis of the Suspended Material using the Sediment Trap
in Busan Coastal Zone

○조홍연*

1. 서론

파랑 및 조류 또는 공사에 의하여 연안에서 발생하는 부유물질은 공사의 강도, 조류의 주기성, 파랑의 변화에 따라 부유물질 발생 및 이동특성, 침강특성이 큰 변화를 가진다. 특히, 일시적으로 발생하는 파랑의 영향에 의한 부유사 발생, 미세입자의 장기적인 부유 등은 단기간의 관측에 의해서는 파악될 수 없으며, 복잡한 거동특성으로 인하여 해석이 곤란한 경우가 많다. 따라서, 부유물질의 거동을 전체적으로 파악하기 위해서는 장기적인 표사농도(또는 양) 관측에 의한 부유물질 발생량, 이동량, 침전량 등에 대한 수지분석이 중요하다. 본 연구에서는 원통형 표사포획장치(Lund-Hansen 등, 1997)를 제작하여 연직방향 부유물질 침전량을 부산신항 공사가 수행되는 가덕도 연안해역에서 수행하였다. 일반적으로, 침전량은 부유물질의 침강속도에 의하여 추정할 수 있고, 부유물질의 침강속도는 부유물질 농도의 함수로 표현할 수 있다. 또한, 장기적으로 부유물질의 부유량과 침전량이 동일한 것으로 가정하여 부산 가덕도 연안의 부유물질 수지분석을 수행하였다.

2. 표사포획장비 제작 및 관측

표사포획장치는 원통형으로 제작(재질 : PVC, 내경 : 50mm, 길이 : 250mm, Aspect Ratio = 5)하였으며, 제작된 포획장치를 가덕도 연안에 계류하여 부유물질의 침전량을 계측하였다. 관측 시기는 2002년 10월 16일부터 25일(1차관측), 10월 25일부터 11월 8일(2차관측)까지이며, 포획장치는 1차관측시 저층으로부터 1m, 4m, 9m 지점, 2차관측시에는 1m, 2m, 4m, 9m 지점에 설치하였다. 따라서, 1차관측결과는 9일동안의 부유물질 침전량이며, 2차관측결과는 14일 동안의 부유물질 침전량에 해당한다. 1차관측시 9m 지점에 설치한 표사포획장치는 회수과정에서 포획된 표사가 유실되어 분석에서는 제외하였다.

* 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 선임연구원 (T. 031-400-6318)

한편, 부유물질의 특성을 파악하기 위하여 측정지점의 저질 및 포획된 표사에 대하여 Sedigraph 장비를 이용하여 입도분석을 수행하였다(표 1). 또한, 포획된 토사는 각각 건조중량을 측정하고, 저면으로부터의 높이 및 입자성분에 대비하여 도시하였다(그림 1, 그림 2).

표 1. 저질 및 포획토사의 입도분석

시료	Percent(%)			
	Gravel	Sand	Silt	Clay
저 질(Bottom)	0.0	5.8	45.5	8.7
1차 관측 (1m)	0.0	0.7	68.1	31.2
1차 관측 (4m)	0.0	1.1	56.7	42.2
1차 관측 (9m)	-	-	-	-
2차 관측 (1m)	0.0	1.0	74.0	25.0
2차 관측 (2m)	0.0	0.5	70.5	29.0
2차 관측 (4m)	0.0	0.9	56.1	43.0
2차 관측 (9m)	0.0	0.4	39.9	59.7

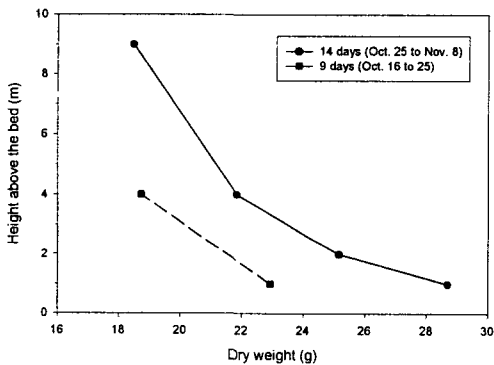


그림 1. 수심별 포획 부유물질 중량

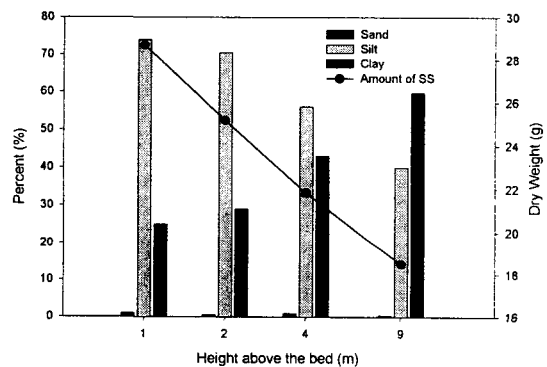


그림 2. 포획부유물질 성분과 건조중량

3. 관측결과 및 분석

포획된 표사와 저질의 입도분석결과, 대부분 실트 및 점토(clay) 성분이 대부분이며, 포획수심이 저면으로부터 높아질수록 실트성분은 74% (2차관측 1m 지점) 정도에서 40% (2차관측 9m 지점) 정도로 감소하고, 점토성분은 25% (2차관측 1m 지점) 정도에서 60% (2차관측 9m 지점) 정도까지 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서, 저면으로부터 부유되는 미세한 점토입자는 실트입자에 비하여 침강속도가 작기 때문에 파악할 수 있다. 또한, 표사포획장치의 입도분포 분석자료의 미미한 모래성분 비율에 의하면, 저질에 포함된 6% 정도의 모래성분은 측정기간동안에 모래성분의 부유고도가 표사포획 장치에 대부분이 도달하지 않은 것으로 판단된다.

한편, 수심별로 포획된 부유물질의 중량을 비교하기 위하여 일평균 포획량으로 산정하면, 1

차 관측시기의 포획 부유물질 중량은 1m, 4m 지점에서 각각 2.54g, 2.08g, 2차 관측시기의 포획 부유물질 중량은 1m, 2m, 4m, 9m 지점에서 각각 2.12g, 1.80g, 1.56g, 1.32g이다. 저층에 가까울수록 포획 부유물질량은 증가하고 있으며, 2차시기에 비하여 1차시기의 표사 포획량이 약 15~20% 정도 큰 값을 보이고 있다. 또한, 표사포획 장치간의 일평균 침전량은 0.24~0.46g 정도로 추정되었다.

4. 부산연안의 부유물질 수지분석

부산연안 부유물질의 저층으로부터의 고도에 따른 성분변화를 2차 관측시기에 대하여 분석하였다. 1차 관측시기는 저층으로부터의 9m 지점에서의 표사자료 유실로 인하여 본 분석과정에서는 제외하였다. 우선, 저질에서 5.8% 정도를 차지하는 모래는 저층으로부터 1.0m 지점에서 1.0% 미만으로 감소한다. 이는 관측기간동안의 파랑 및 조류에 의한 모래성분의 부유가 저층 1.0m 이내의 지점으로 한정되어 있음을 보여주고 있다. 반면, 실트와 점토성분은 1m 이상 지점에서 성분이 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히, 점토성분이 저층으로부터의 고도 9.0m 지점에서는 60% 정도를 차지하고 있고, 실트성분은 40% 정도를 차지하고 있다. 이는 파랑과 조류에 의하여 부유되는 부유토사 중에서 모래성분은 1.0m 이내로 제한되고, 점토성분은 미세한 입자특성으로 인하여 저층으로부터 표층까지 광범위하게 분포하고 있음을 알 수 있으며, 실트성분은 저층으로부터 약 2~4m 정도영역까지 부유되고 있으며, 일부는 그 보다 높은 영역으로도 부유가 확산되고 있음을 알 수 있다.

부유물질의 연직방향 수지분석은 관측기간동안 부유물질의 양과 침전된 물질의 양이 동일하다는 가정하에서 수행하였다. 정확한 부유표사의 수지분석은 연직방향에 대하여 하나의 구획(segment: 층, layer)에 대하여 수행하여야 한다(van Rijn, 1993). 구획의 부유표사량을 증가시키는 요인은 측면에서 유입되는 부유사량, 상층에서 침전되는 부유사량, 하층에서 부유되는 부유사량이 해당되며, 부유표사량을 감소시키는 요인은 측면으로부터 유출되는 부유사량, 하층으로 침전되는 부유사량, 상층으로 부유되는 부유사량이 해당된다. 따라서, 하나의 구획에 대하여 각각에 해당하는 부유사량을 추정·관측하면 부유물질 수지분석이 완료된다. 그러나, 모든 양을 추정·관측하는 것은 실질적으로 곤란하기 때문에 적절한 가정 및 지역적인 상황을 고려하여 수행할 수도 있다.

미세입자는 장기간의 부유되어 있기 때문에 부유물질의 양과 침전물질의 양이 동일하지 않은 경우도 많이 발생할 수도 있으나, 파랑전후의 부유사 분포양상에 큰 변화가 없는 가정과 동일하므로 큰 무리는 없을 것으로 판단된다. 우선, 각 지점에서 포획된 총 부유사량은 $2.12 + 1.80 + 1.56 + 1.32 = 6.80(g)$ 이다. 저층으로부터 1.0m 이내 지점에서 부유되고 침전되는 양은 무시하면, 관측기간동안 일평균 총 6.8(g) 정도의 부유사가 부유되어 침전된 것으로 추정할 수 있다. 따라서, 층별 부유토사의 성분 및 부유사량 자료를 이용하여 성분별 수지분석을 수행하였다. 각 층별 부유물질 함량은 실트성분의 경우 1~2m 층에 비하여 9.0m 이상 층에서 약 1/3 정도로 감소하고 있는 반면, 점토성분은 1~2m 층에 비하면 9.0m 이상 층에서 1.5배로 증가하는 양상을 보이고 있다(표 2 참조). 한편, 침전량을 조류와 파랑에 의한 부유사량과 동일한 양으로 가정할 경우, 모래성

분의 부유는 관측기간동안 매우 미미한 양으로 추정할 수 있다. 반면, 실트성분은 표층까지 확산되는 양상을 추정할 수 있으나, 그 확산량은 저층으로부터의 고도가 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 점토성분은 표층(9.0m 이상) 지점에서의 함량이 오히려 저층보다 큰 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 부유된 토사의 점토성분이 장기간에 걸쳐 부유되어 있거나 또는 인근 영역에서의 유입에 의한 영향으로도 판단할 수도 있으나 보다 심층적인 연구를 수행하여야 할 것으로 사료된다. 한편, 부유물질 침전량으로부터 부유물질의 농도를 역추정하여 관측기간동안의 일평균 부유물질 수치분석을 수행할 예정이며, 관측기간동안의 파랑 및 조석자료와의 연관성 분석은 관측기간동안 RCM-9, 파고계, 탁도계 등을 이용하여 관측한 자료를 이용하여 수행할 예정이다.

표 2. 부산연안의 층별 부유물질 수치분석 (함량)

층(layer)	층으로의 침전량(g)	모래성분함량(g)	실트성분함량(g)	점토성분 함량(g)
1~2m	2.12	0.021	1.57	0.53
2~4m	1.80	0.009	1.27	0.52
4~9m	1.56	0.014	0.88	0.67
9m >	1.32	0.005	0.53	0.79

5. 결론 및 향후 연구과제

표사포획장치를 층별로 설치하여 특정기간 동안에 침전되는 표사의 성분 및 함량을 분석하였다. 본 연구에서는 파랑과 조류에 의하여 부유되는 표사의 양과 침전되는 양이 장기적인 시간규모에서 동일하다는 가정하에서 부유표사의 수치분석을 수행하였다. 그러나, 점토성분을 구성하는 미세입자는 침강속도가 매우 작기 때문에 한번 부유되어 오랜 시간동안 표층에서 조류에 따라 이동하는 양상을 보이기도 한다. 따라서, 연직방향의 부유사의 성분과 성분에 따른 침강속도를 고려하여 부유표사의 수치분석을 수행하여야 하며, 이를 위해서는 저층의 표사가 파랑과 조류에 의하여 부유되는 양상을 우선 파악하여야 한다. 본 관측에서 보는 바와 같이 저층의 부유물질 성분이 동일한 성분을 유지하며 부유되지 않고 미세한 입자성분이 보다 높은 지점까지 부유되는 양상을 보이고 있기 때문에 입도분포를 고려한 부유표사의 농도분포(profile)를 추정하는 연구가 필요하다. 또한, 평면 부유사 확산모형을 이용하여 부유사의 공간적인 이동양상을 추정하면 보다 정확하고 신뢰성있는 부유표사 수치분석이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Lund-Hansen, L. C., Valeur, J., Pejrup, M. and Jensen, A., 1997. Sediment Fluxes, Re-suspension and Accumulation Rates at Two Wind-exposed Coastal Sites and in a Sheltered Bay, *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, Vol. 44, pp. 521-531.
- van Rijn, L.C., 1993. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*, Aqua Publications.