

한강 하류부에서의 濁度 및 유속 관측

Measurement of turbidity and current at Han River downstream

오 영민¹⁾, 황 승용²⁾, 김 성은³⁾

1. 서론

한강 하류부의 특징은 세계적으로도 조차가 크기로 유명한 황해의 영향으로 평시에는 하천의 수리 특성이 조석에 의해 지배되는 것이다. 그리고 홍수 때에는 초당 수천 m³에서 수만 m³의 유출이 집중된다. 이러한 단주기의 조석과 비교적 장주기의 홍수 유출은 다른 하천의 하구에 비해 매우 복잡한 하상변동을 야기하게 된다. 또한 휴전선과 근접함에 따른 출입의 통제로 조사 연구가 매우 부진하며, 하류부의 수리특성에 대한 자료의 부족으로 체계적인 개발과 보전에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점을 조금이나마 개선하기 위하여 본 연구에서는 한강 하류부의 전류 지점에서 대조기의 수리 특성을 조사하였다.

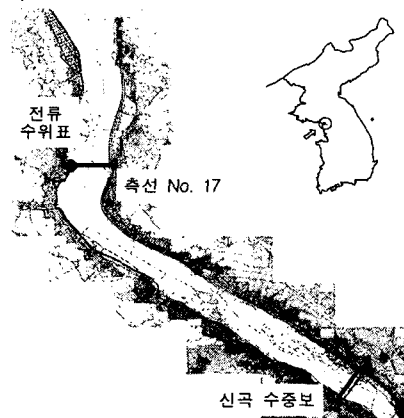


그림 1 조사 위치도

2. 관측위치 및 관측방법

2.1 관측위치

그림 1에서 보이듯이 측선 No. 17 부근 좌안에서 탁도와 유속을 관측하였으며 이 지점은 전류 수위표에서 약 100m 정도 떨어진 곳이다.

2.2 관측방법

관측은 그림 2와 같이 기중기에 탁도계(YSI 6600), 유속계(RCM-9), 그리고 측심기를 50 kg의 추 2개와 함께 부착하여 부두 10m 전방에서 상층과 저층의 탁도와 유속을 관측하였다. 그러나 낙조 때에는 수심이 2 m 내외로 얕아 한 층에서만 관측하였다. 또한 계측기를 통하여 부가적으로 수온과 염도도 관측하였다. 관측일자는 2002년 10월 21일(음력 9월 16일)로 평시 대조기이며 조석 1 주기에 해당하는 13 시간 동안 관측을 하기 위하여 창조가 시작되는 07:00부터 20:00까지 측정하였다. 또한 홍수 때 수리특성의 파악을 위해 역시 대조기인 2002년 8월 9일(음력 7월 1일)에도 관측하였다.

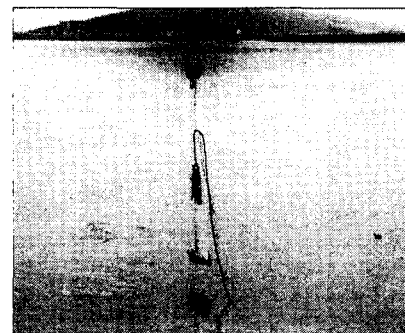


그림 2 기중기를 이용한 관측

3. 분석 및 결론

3.1 분석

그림 3에 평시 대조기인 2002년 10월 21일에 관측한 결과를

1) 한국해양연구원 연안·항만공학연구본부(Coastal & Harbor Engineering Lab., KORDI)
 2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부(Water Resources & Environmental Research Dept., KICT)
 3) 한국해양연구원 연안·항만공학연구본부(Coastal & Harbor Engineering Lab., KORDI)

보였다. 부유사 농도는 感潮 河川에서 나타나는 전형적인 거동을 보이고 있다. 즉, 창조기에 농도가 높고 정조기에 농도가 떨어지다가 다시 창조기에 증가하게 된다. 농도의 변화가 급격한 것은, 보통의 조석운동이 대략 6시간 간격으로 창조와 낙조를 반복하는데 비해, 전류 수위표 지점은 약 3시간 정도의 창조와 9시간 정도의 낙조라는 특성을 보이기 때문이다. 따라서 짧은 창조 시간으로 유속이 매우 강하게 발생하여 바닥의 토사를 급격하게 소상시켜 농도를 크게 할 것이다. 염도는 창조 때에 높고 낙조 때에 낮은 경향을 잘 보여 주고 있으며 수온은 조석의 시각과 수심에 관계없이 거의 일정함을 알 수 있다.

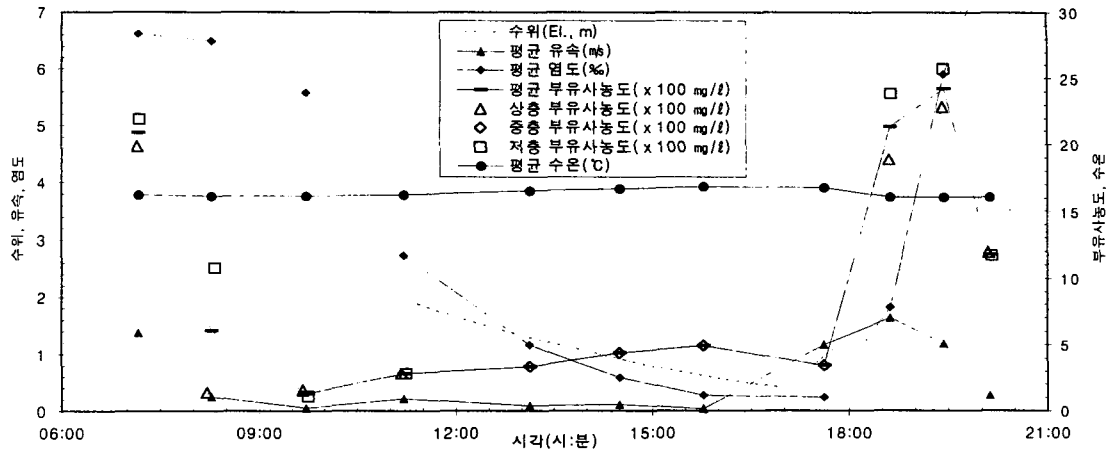


그림 3 관측 자료의 시계열(2002년 10월 21일)

조석에 의해 흐름의 방향이 역전되므로 전류 지점에서 상류로 유입하는 유사와 하류로 유출하는 유사의 특징을 파악하기 위해 유사의 純束(net flux)을 단위 면적당 유사량으로 간주하여 그림 4와 같이 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 대조기 전류 수위표 지점의 부유사 유·출입은 상류로 유입이 탁월하게 많음을 알 수 있다. 유출량과 유입량을 비교하면 유입량은 전체 이동량의 97%에 달한다. 즉, 조석에 의해 이동된 부유사의 약 3% 정도만 다시 돌아가게 된다. 창조 때 증가하는 수위를 고려하여 해당 단면을 통과하는 유사량을 산정한다면 낙조 시간이 3배 더 길다하더라도 대부분의 유사가 유입되는 결과를 낼 것이다.

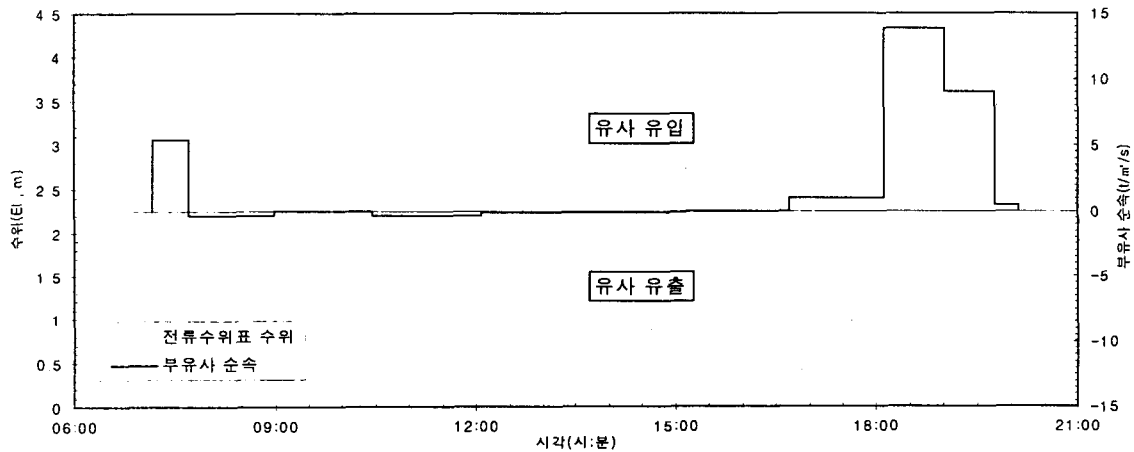


그림 4 전류 수위표 지점의 부유사 순속(net flux)

그림 5는 상층에서 채취한 부유사의 구성비를 나타낸 것이다. 구성 성분의 양을 살펴보면 실트가 전체의 70 ~ 80%로 가장 많고 점토와 모래 순으로 나타난다. 이는 한강 하류 전류 수위표 근처에서 표층 퇴적 재료의 대부분이 실트라는 사실과 부합한다.

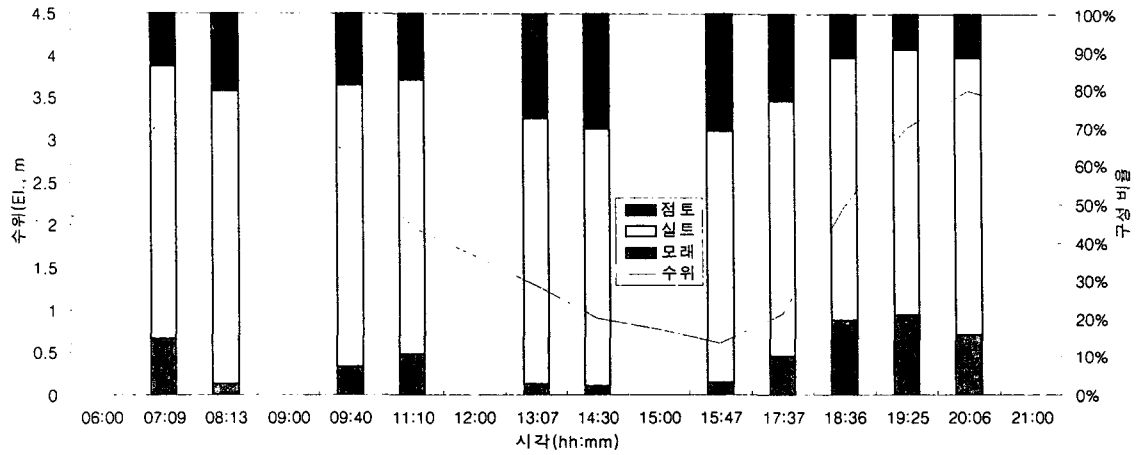


그림 5 전류 수위표 지점의 부유사 구성비(2002년 10월 21일)

홍수 때인 2002년 8월 9일 관측한 부유사 농도 자료를 그림 6에 나타내었다. 같은 대조기라 하더라도 홍수 때 부유사의 거동은 평시의 그것과 다르며 오히려 상반되는 현상을 보인다. 그림에서 보이듯이 부유사의 최고 농도는 창조가 아닌 낙조 때 발생하며 오히려 창조 때 부유사의 농도가 급격히 감소하게 된다. 이는 부유사를 이송하는 홍수류가 역류하는 창조를 만나 흐름이 완화되어 평시의 정조 때와 유사한 상황일 것이다. 그리고 낙조 때 수위는 떨어지나 창조 때와는 달리 흐름의 정체가 없어지기 때문에 부유사의 농도가 높은 것으로 추정된다. 부유사의 농도가 평시의 대조기보다 침두치가 약 반 정도로 낮게 나타나는 것은 홍수의 침두가 지나간 후반기에 관측하였고, 관측지점이 평시 대조기 관측지점보다 약 30 m 상류로 바닥이 주로 암반이었기 때문으로 생각된다. 평시보다 수위가 더 높은 홍수 때의 경우 흐름 단면적이 평시보다 크고 일방향 흐름이 장시간 지속됨을 고려한다면 실제 단면을 통과하는 유사량은 크게 달라질 것이다.

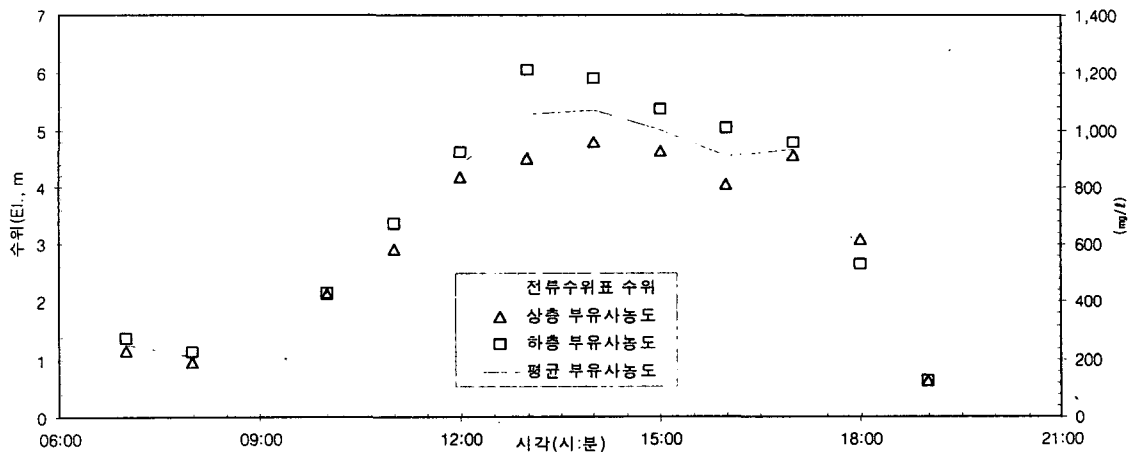


그림 6 전류 수위표 지점의 홍수기 부유사 농도(2002년 8월 9일)

홍수류는 하천유출에 의한 것으로 상류로부터 토사를 이송하게 된다. 그림 7에 홍수기 부유사의 구성비를 나타내었다. 평시의 대조기에 비해 실트와 점토의 비중이 줄어들고 모래의 양이 더 많아졌음을 알 수 있다. 또한 홍수류의 유속이 비교적 약해지는 창조에서 모래의 비중이 줄어들고 낙조에서 커지게 된다. 이는 홍수류가 역류하는 창조를 만나 이송력이 약해져 입경이 비교적 큰 모래는 침강하기 때문인 것으로 추정된다.

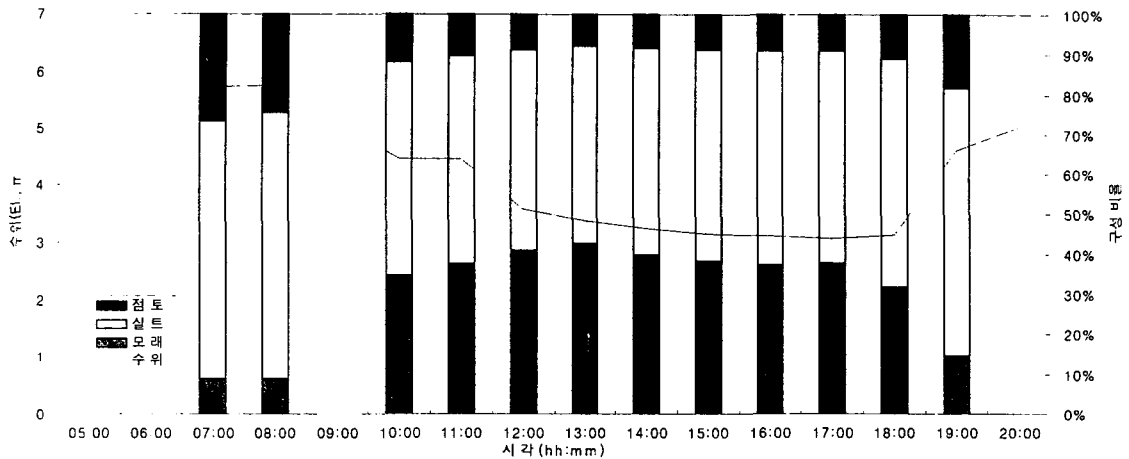


그림 7 전류 수위표 지점의 부유사 구성비(2002년 8월 9일)

3.2 결론

하천을 횡단하며 관측하지 않아 본 조사 결과가 하류부 수리특성을 대표한다고 말하기는 어렵지만 창조 때에 하천을 횡단할 만한 크기의 선박을 운용할 수 없는 현지 여건에서는 부두에서 기중기를 이용한 정점 관측이 차선택이라고 할 수 있다. 본 조사관측에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 한강 하류 전류 지점의 창조는 대략 3시간 낙조는 대략 9시간 정도가 소요되어 감소하천의 전형적인 양상을 나타낸다.
- 2) 평시에는 낙조 때에 비해 창조 때의 유속이 빠르기 때문에 저면 토사를 소상시키는 전단력이 증가하여 부유사 농도가 높으나 홍수 때에는 창조 때 흐름의 상대적인 정체로 낙조 때 부유사의 농도가 더 높은 것으로 추정된다.
- 3) 평시 대조 때 부유사 거동을 살펴본 결과 조석에 의한 유사의 유입, 특히 실트의 유입이 주목할 만하며 이는 하상변동의 원인 분석이나 예측에서 하류로부터 유입 조건의 설정에 주의하여야 함을 의미한다.
- 4) 홍수 때에는 부유사의 구성이 평시처럼 실트가 주종을 이루기는 하나 평시에 비해 모래의 양이 많으며 낙조 때에는 모래의 이동이 상당하다.
- 5) 조석의 작용은 단주기 사상으로 상대적으로 장주기 사상인 홍수와 달리 일상적으로 반복되므로 장기간 홍수 사상이 발생하지 않을 경우 조석에 의해 유입되는 실트의 퇴적이 한강 하류부 하상변동에 큰 영향을 미칠 것으로 보인다..

감사의 글

본 연구는 (주)한국종합기술개발공사와 (주)남원건설엔지니어링의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 민통선 내 출입 및 관측에 협조를 아끼지 않은 해병 제2사단과 예하의 한강기동대 해병대원들에게 감사드립니다.