

실시간 해상 교량세굴 모니터링 시스템의 운용

박 상오*, 정 경자**, 이 종국*, 여 운광*

1. 서론

서해대교가 건설중인 아산만은 세계적으로 조수간만의 차가 크기로 유명한 곳이며 해저지반 또한 실트질이나 풍화토로 이루어져 세굴에 취약한 지형이다. 더욱이 아산만의 개발 및 공사중 축조된 축도로 인한 통수단면적의 감소로 실제 유속이 2.7m/s에 이르고 있다. 이러한 유속의 증가는 조석의 왕복운동과 함께 교량세굴을 촉진하였고 교량의 안전을 위해 세굴의 추이를 면밀히 검토할 필요가 대두되었다.

현재 아산만의 수위, 유속, 유황은 가호안의 축조정도에 따라 크게 영향을 받고 있다. 따라서 공사 진척도에 따른 아산만내의 흐름특성을 예측하고 이 변화가 대상지역에 미치는 영향을 면밀히 검토해야 한다. 최근 실측된 해저지형도의 분석에서도 유심부가 현재 평택에서 당진 방향으로 이동되고 있음을 볼 수 있다. 따라서 Monitoring System의 설치 위치를 당초 평택방향에 위치한 P58, PF2, PF3에 국한된 것을 당진방향의 P61, P64, P90로 확대하였다. 설치 위치는 그림 1과 같다.

P58에는 4기의 측정센서(SM263)가 부착되어 있고 나머지 교각에는 각 1기의 센서가 부착되어 있다. 각 센서에는 고유 번호(ID)를 부여하여 구별하도록 하였는데 P58에는 ID4, 6, 9, 11번이 설치되어 있고, PF2에는 1번, PF3에는 0번, P61에는 3번, P64에는 5번, 그리고 P90에는 8번이 설치되었다. P58

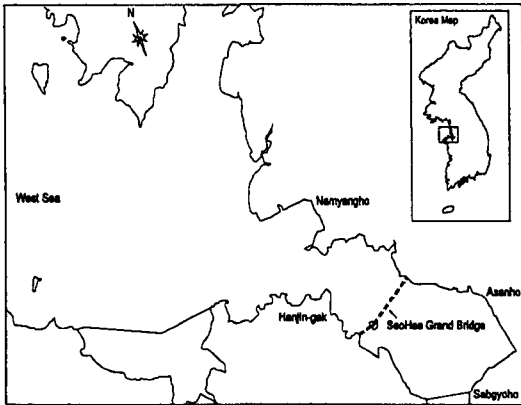


그림 1. 설치 위치

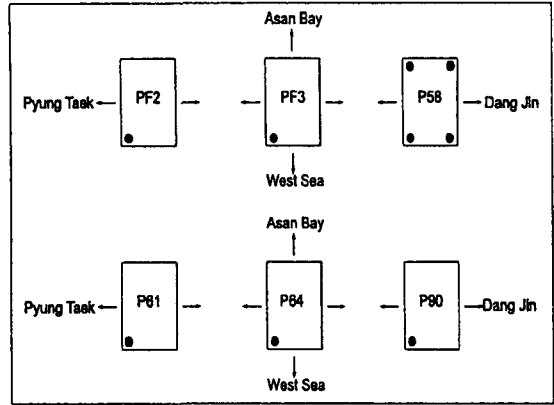


그림 2. 세굴측정기가 설치된 교각의 위치

* 명지대학교 토목환경공학과(Dep. of Civil and Environmental Eng., Myongji Univ.)

** 한국도로공사 도로연구소 지반연구실(Korea Highway Cooperation)

에 4기의 센서를 부착한 이유는 아산만의 지형변화로 유심부가 당진방향으로 이동하고 있어서 세굴이 진행되고 있는 것으로 사료되어 이 구간에서의 세굴현상을 좀더 세밀히 관찰하게 위함이다. 자세한 교각의 설치위치는 그림 2와 같다.

2. 자료 획득

2.1 측정빈도

현장자료수집시 측정빈도는 현장상황을 고려하여 합리적이고 적절하게 결정해야 한다. 전원의 공급 유무가 실험의 승패를 좌우하는 경우가 많으므로 전원을 절약하는 동시에 공학적으로 신뢰성있는 자료를 확보하기 위하여 측정시간간격은 기기 설치후 일정한 시험기간의 측정결과로부터 결정되었다. 이에 의하면 P58의 경우 세굴심의 변화가 조석에 따라서 10cm 내외에서 변한다는 것을 알게 되었으며, 따라서 세굴심의 변화가 크지 않다고 판단되어 5분 평균치를 기록하게 하였다. 현재 본격적으로 가동에 들어간 PF2, PF3, P61, P64, P90은 좀더 자세한 세굴심의 변화를 알아 보기 위해 30초마다 한 번씩 측정치를 기록하고 있다.

2.2 측정자료

P58에서는 4월부터 현재까지 자료가 획득되어 있고, P61과 P64는 6월부터 현재까지, 그리고 PF2, PF3, P90은 7월부터 현재까지의 자료가 획득되어 있다. 주 전원공급장치는 배터리의 수명이 약 10~15일 정도이므로 평균 15일 정도의 간격으로 현장에서 자료를 획득함과 동시에 시스템의 정상작동을 계속 확인하고 있다.

3. 자료 분석

3.1 자료의 필터링

측정된 자료의 분석을 위하여는 우선 자료에 대한 신뢰성이 확보되어야 한다. 현지 측정자료를 살펴보면 극소수이기는 하나 다른 측정치에 비해 값이 현저하게 다른 측정치를 볼 수 있다. 이는 센서가 초음파를 쓰기 때문에 주로 국부적인 기포발생, 이송잡물의 영향, 어류의 움직임 등에 의해 파의 진행이 방해받아 생기며 이들 자료는 분석자료로써 타당하지 않다. 따라서 이들 자료는 제외시키는 한편 측정 시간간격이 초의 단위의 짧은 시간이기 때문에 자료의 양이 너무 방대하게 되므로 이러한 자료는 실제 측정치의 평균치를 사용하여도 충분하며 장기적인 세굴심의 변화를 분석하는 데는 영향을 주지 않으리라 판단된다.

아산만은 조석의 영향이 강한 곳이기 때문에 자료를 분석함에 있어 조석주기를 고려해야 한다. 아

산만의 평균 조석주기는 12.24시간으로 세굴심의 변화를 위상의 변화까지도 충분히 감지하기 위해서는 보통 공학적으로 이 간격의 2배 이상이 되는 자료가 추천되고 있으나 실제로는 자세한 조화분석을 위하여 4일 이상의 자료를 분석하는 것이 바람직하다.

3.2 자료의 분석

측정된 자료는 필터링을 거쳐 자료분석 프로그램인 Matlab을 사용하여 분석하였다. 세굴심의 변화를 보기 위해 실제 현장측정 자료를 필터링을 거친 후 평균치와 함께 나타내었다. 또한 조석주기의 영향을 알기 보기 위해 스펙트럼도 구하여 도시하였다.

자료의 결과를 요약하여 보면 PF2, PF3, P58은 10cm 내외에서 조석에 따라 변함을 알 수 있다. 그 이유는 풍화토사층이 거의 소실되고 풍화암반의 상단이 드러나고 있어서 세굴의 진행이 더딘 것으로 판단된다. PF2에서의 세굴심 변화를 나타내는 그림 3과 PF2의 토사 지반고 나타내는 그림 4를 비교해 보면 이러한 사실을 뒷받침해 준다. 따라서 PF2, PF3, P58에서는 장기적인 풍화암의 세굴양상을 관측하는 것이 바람직하다고 사료된다.

한편, 그림 5는 P64에서 실측된 세굴심의 변화를, 그림 6은 P64의 지질도를 나타낸 것으로서 서로 비교해 보면 풍화토가 완전히 소실되지 않는 것으로 판단된다. 현재까지의 분석된 결과에 의하면 P61, P64, P90은 토사의 유동으로 인해 세굴심의 변화가 상대적으로 크게 나타나고 있으나 확실한 결론을 이끌어 내기에는 측정자료가 부족한 실정이다. 상대적으로 세굴심의 변화가 많은 P61, P64, P90에서는 토사 유동층의 소실을 자세히 살펴보기 위해 좀더 장기간의 측정이 요구된다.

조석에 의한 세굴현상의 특성을 알아보기 위해 스펙트럼 분석을 수행하였다. 그 중 P61의 자료를 가지고 스펙트럼을 구하여 나타낸 것이 그림 7이며, 이에 의하면 12.24시간 조석주기의 영향이 뚜렷함을 볼 수 있다. 이는 세굴양상이 아산만의 조석에 따라 지배적으로 영향을 받고 있음을 말해 준다.

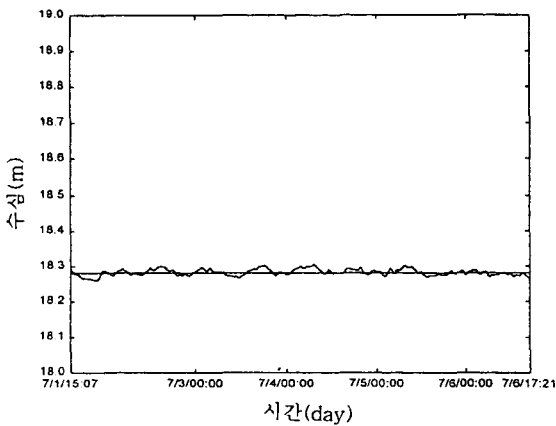


그림 3. PF2에서 측정된 세굴심의 변화

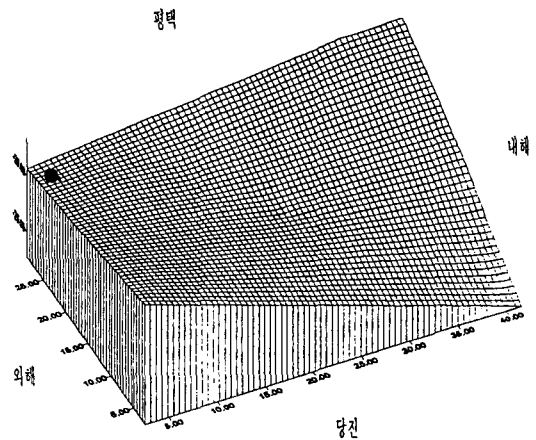


그림 4. PF2의 토사 지반고

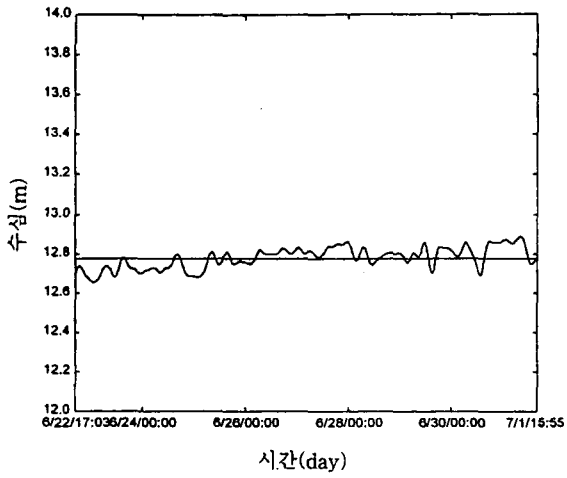


그림 5. P64에서 측정된 세굴심의 변화

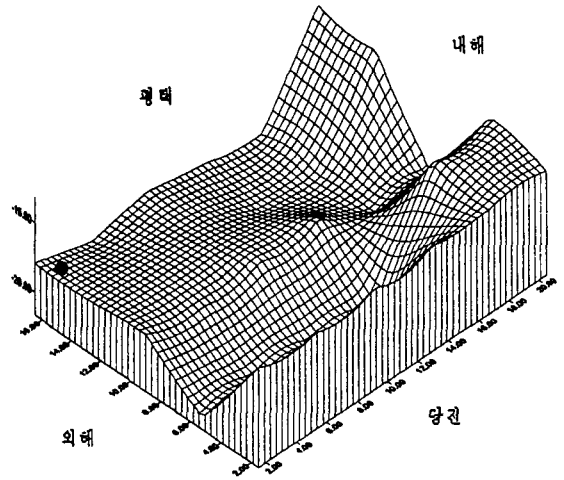


그림 6. P64의 토사 지반고

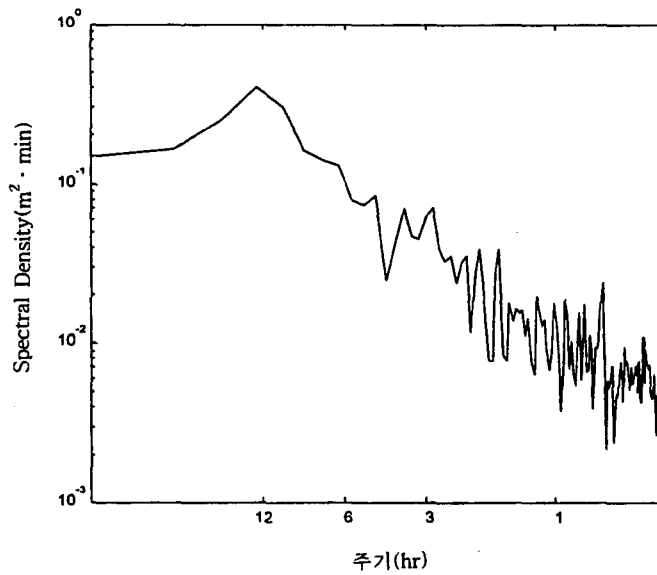


그림 7. P61의 스펙트럼

4. 결 론

현재 PF2, PF3 및 P58에서는 조석에 따라 세굴되는 깊이의 변화가 10cm 이내로 변화폭이 상대적으로 더딘 암질의 바닥세굴을 생각할 수 있고 P61, P64 및 P90에서는 점진적인 토사층의 세굴이 진행되고 있는 것으로 판단된다. 바닥지질을 주상도와 비교하여 볼 때 전자는 이미 토사층이 모두 제거된 상태이며 후자는 아직도 토사층이 존재함을 보이는데 이로 인하여 PF2, PF3 및 P58에서는 P61, P64 및 P90보다는 변화가 적게 나타나고 있다고 판단된다. 한편 P61, P64 및 P90에서는 짧은 시간에 변화의 폭이 크며 토사이동이 조수간만에 따라 활발히 반복되고 있음을 보이는데 이는 흐름에 의하여 하상 저질층의 운동이 활발하다는 것을 시사하고 있으나 최종 결론까지에는 더 장기적인 관측이 이루어져야 한다.

참고문헌

- 이종국, 여운광., 연구와 방제 목적의 현장세굴 측정기술, 한국수자원학회지, Vol.31 No.2, 1988.
Oppenheim, A. and Schafer, R., Digital Signal Processing, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1975.
Yeo, Lee, Park and Hur., Automatic Real-Time Bridge Scour Measurements Using a Newly Developed Scourometer (SM263), 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 1988.