

안양천 보철거로 인한 하상변동 예측

Prediction of Change of River Change in Anyang Stream Associated with Dam Removal

김호진*, 전경수**, 윤병만***

Ho Jin Kim, Kyung Soo Jun, Byung Man Yoon

요 지

경기도 안양시 만안구 안양3동에 위치한 안양대교보는 길이 40m, 높이 1.3m의 농업용수 취수를 위한 보였으나 도심화로 인하여 원기능을 상실하였다. 수차례에 걸친 개수와 리버보를 설치하는 등 개량하였으나 효능이 약화되어 철거계획이 수립되어 있다. 본 연구에서는 준 2차원 모형인 GSTARS 3.0 모형을 안양천에 적용하여 안양대교보 철거로 인한 하상변동을 모의하여 1차원 유사이동 모형인 HEC-6 모형과 비교하였다. 단면자료는 2000년에 측정된 자료로 구성하였고, 입력자료에 사용된 하상토 자료는 2005년 안양천에서 채취된 자료를 사용하였으며, 유량자료는 2000년 6월부터 10월까지의 유량 관측치를 사용하였다. Meyer-peter와 Muller공식, Ackers 와 White 공식, 그리고 Yang공식의 세 가지 유사이송공식을 사용하여 각각의 공식을 사용하는 데 따른 계산결과를 비교하였다.

핵심용어 : 하상변동, 보철거, GSTARS 3.0 모형, HEC-6 모형, 안양천

1. 서 론

하천의 수위를 유지하거나 농업용수를 취수할 목적으로 현재 국내에 약 18,000개 정도의 크고 작은 보가 설치되어 있다. 이러한 보 중에는 극히 일부에 어도와 같은 생태통로가 인위적으로 설치되어 있지만 전체적으로는 매우 미미한 수준이다. 더욱이 도시 인구 집중화에 따른 도심부의 확대에 의한 농경지의 도시화, 경작 방식의 변화에 의한 논농사 위주에서 비닐하우스 단지로의 변화와 같은 토지이용의 변화, 대형 저수지의 축조/양수장 설치 등에 따른 취수 시설물의 통합, 시설의 노후화 등으로 매년 50-150개 정도의 보가 폐기되고 있다. 그러나 이렇게 폐기되는 보는 하천에 그대로 존치되어 하천생태통로의 단절, 수질악화, 수변 서식처 악화 등의 문제를 지속적으로 야기시키고 있다.

보 철거에 따른 하상변동에 대한 연구는 아직 진행 단계에 머물러 있으며, 그 주제에 대한 상세한 이론은 아직 미미하다. 보 철거에 따른 하상 변동에 관한 연구는 철거 경험이 가장 많은 미국에서 주로 수행되어 왔다. 하상 변동의 예측에는 1차원 모델인 HEC-6가 가장 널리 사용되고 있다. Williams(1977)는 Idaho 주의 Clearwater 강에 있는 Washington 수력댐에 대해서 HEC-6 모형을 이용하여 하상변동을 예측하였다. 철거 1년 동안 저수지내에 1m 정도의 썩기형의 침식이 관찰되었는데 예측한 하상변동과 관측치가 잘 부합된 결과를 얻었다. 또한 Stoker와 Harbor(1991)는 철거 예정이었던 워싱턴주 Elwha 강의 Elwha 댐과 Glines Canyon 댐에 대해서 HEC-6 모형을 적용하여 철거 2년 이내에 유사이동으로 인한 퇴적과 어류와 수생생물에 미치는 영향, 하류의 홍수를 예측한 바 있다. Beck(1986)은 워싱턴주의 White Salmon 강에 위치한 철거 예정 보인 Condit 댐에 HEC-6 모형을 이용하여 유사 이동량과 철거 후 단기간에 유사 농도 집중으로 인한

* 정회원 · 성균관대학교 대학원 토목공학과, 석사과정

** 정회원 · 성균관대학교 공과 대학 토목환경공학과, 부교수

*** 정회원 · 명지대학교 토목공학과, 교수

어류의 폐사 등을 예측한 바 있다.

한편 Evans(2002)는 Ohio 주에 있는 Sandusky 강의 Ballville 댐의 철거에 따른 유사이동을 GIS와 연계하여 예측했다. 또한 Barber와 Perkins(2000)는 HEC-RAS를 이용하여 보 철거에 따른 유사량을 줄이고 준설량을 최소화하는 안정적인 하도 형태를 구성하는 방법을 제시하였다.

이렇듯 선진 외국의 경우 기능이 다한 보나 소형 댐 등은 물론 일부 기능이 있는 하천횡단 시설물을 철거하여 하천생태통로의 복원 등 하천환경복원을 추진하고 있는 것이 추세이다. 그러나 국내 실정상 기능이 있는 시설물보다는 기능이 다한 보와 같은 하천횡단 시설물에 대해 생태환경의 복원 차원에서 적극적인 철거를 통하여 하천생태통로를 복원할 필요가 있다. 본 연구에서는 국내의 철거 대상 보에 대해서 준 2차원 모형인 GSTARS 3.0 모형으로 보 철거로 인한 하상변동을 모의하고자 한다.

2. 모형의 개요

2.1 GSTARS 3.0 모형

GSTARS는 표준축차계산법을 사용하여 에너지 방정식을 해석한다. 축차계산법을 사용하여 배수곡선을 계산하기 위해서는 유입되는 유량이 정상상태이어야 한다. 그러나 실제 하천의 흐름은 시간에 따라 변화하는 특성을 지니고 있으므로 GSTARS는 유입 유량 곡선을 이산화하여 계산 시간 간격안에서는 흐름이 정상 상태라고 가정하여 해석한다. 만일 흐름 상태가 상류에서 하류로 혹은 그 반대로 바뀌는 경우에는 에너지 방정식 대신 운동량 방정식을 해석한다.

GSTARS 모형은 준 2차원 하상변동 예측 모형으로서 하천유관(stream tube) 방법을 도입한다. 본 모형은 하천을 흐르는 전체 유량은 지정된 개수의 유관들에 동등 분배되며 각 유관을 따라 일정한 유량이 유지된다. 유관의 정의에 의해 인접한 하천 유관으로부터의 횡방향 유입은 허용되지 않는다. 각 계산시간 간격마다 통수능이 동일하도록 유관의 경계를 결정하며, 유관에서의 유사량은 각 시간 간격에 대해서 유관별로 계산된다. 유관의 경계가 계산시간 간격마다 흐름 방향 및 횡방향으로 변화하므로 하상변동의 종방향변화와 횡방향변화를 모두 예측할 수 있는 모형이다.

2.2 HEC-6 모형

HEC-6 모형은 미 공병단의 수문연구센터의 Thomas 등(1977)에 의해 개발되었으며, 하천과 저수지에서 세굴과 퇴적계산을 위한 수치모형이다. HEC-6 모형은 상당기간에 걸친 세굴과 퇴적에 의해 하천의 종단 형태가 변화하는 것을 모의하고 추정하기 위해 개발된 1차원 이동상 개수로 흐름의 수치모형이다.

3. 모형의 적용 구간 및 입력자료

대상하천구간으로 안양천의 경부본선 철도교부터 서울시 양평동 한강 합류점까지 약 20km를 선정하였다(그림 1). 본 구간의 하천단면 자료는 2000년 측량된 자료를 사용하였다. 유량 및 수위자료로서 안양천에서 관측되고 있는 충훈1교 관측자료를 하류단 경계조건으로 사용하였다. 적용기간은 2000년 6월 1일부터 10월 31일까지 153일간이며, 각 시간당 유량을 일 평균한 값을 사용하였다(그림 2). 하상재료 자료는 2005년 1월에 4개 지점에서 채취된 자료를 분석하여 사용하였다(그림 3). 이 구간의 하상재료는 대부분이 모래질로 60-70%를 차지한다. 세굴심도의 결정은 실측 결과치가 필요하나 실제 측정된 값이 없기 때문에 세굴심도는 안양대교보로부터 상류쪽 200m구간에는 1m로 제한하였고 나머지 부분에는 30cm의 세굴심도를 가정하였다. 모형의 입력자료로서 manning 계수는 0.035의 값을 적용하였다(안양시, 2001). 유관수는 3개로 하여 모의 계산을 수행하였다. 계산 시간 간격은 1 day이다.

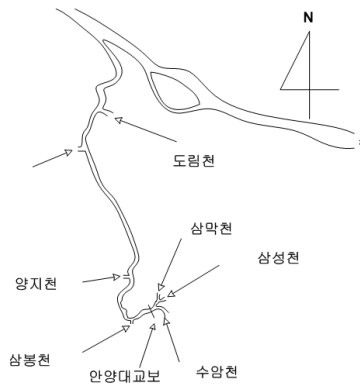


그림 1. 대상하천구간

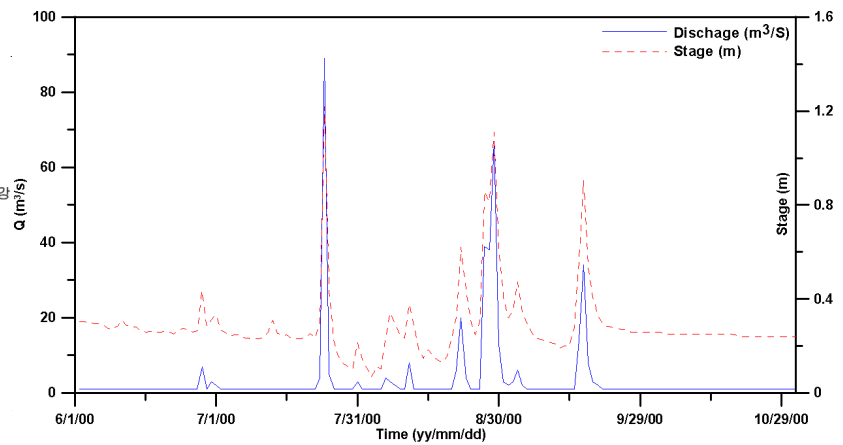
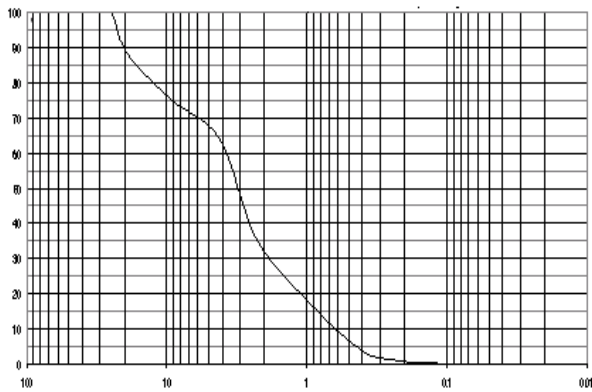
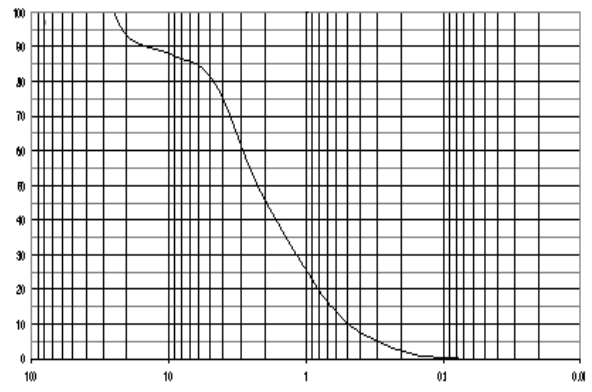


그림 2. 모형에 사용된 수위-유량 자료



(a) 안양대교보 하상재료 입도곡선 (좌)상류, (하)하류



(b) 연현보 하상재료 입도곡선 (좌)상류, (우)하류

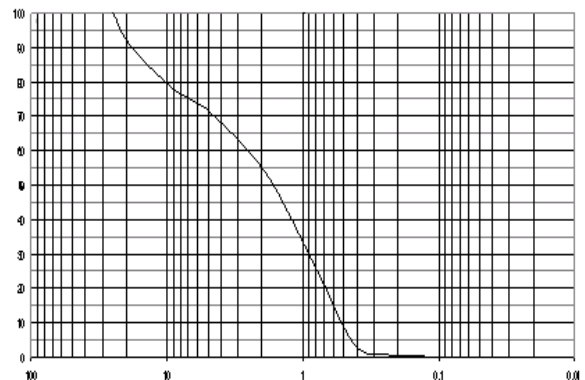
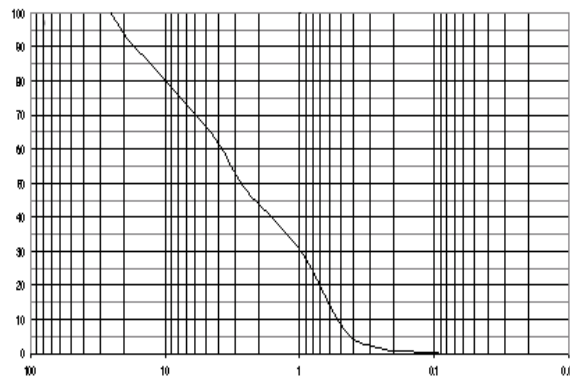


그림 3. 모형에 사용된 입도분포 곡선

4. GSTARS 3.0 모형과 HEC-6 모형의 결과분석

그림 4는 GSTARS 모형에서 Yang 공식을 이용하여 20일, 60일, 그리고 153일 후의 각 최심하상고를 보여주고 있다. 최초 20일까지는 유량이 매우 작기 때문에 하상고의 변화가 초기 하상고와 차이가 없음을 알

수 있다. 60일 후 하상고의 급격한 변화를 볼 수 있는데 이는 입력된 유량자료 중 최고치가 포함된 기간이기 때문이다. GSTARS 3.0 모형의 Yang 공식을 적용하여 모의 한 결과와 HEC-6모형을 모의한 결과를 비교·분석하여 그림 5에 도시하였다. 하상고 변동의 전체적인 경향에 있어서는 두 모형의 모의 결과가 유사한 경향을 나타내고 있다. 그림 6은 횡방향 하상변동고를 비교하여 도시하였는데 일부 국부적인 하상의 세굴을 제외하고는 전체적인 경향에 있어서 준 2차원 모형인 GSTARS 3.0모형이 HEC-6모형에 비해 하상의 횡방향 변화가 잘 모의되었다.

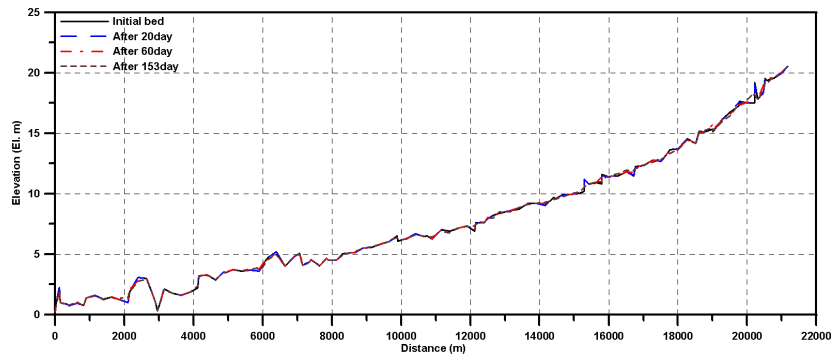


그림 4. 시간에 따른 최심하상고의 변화

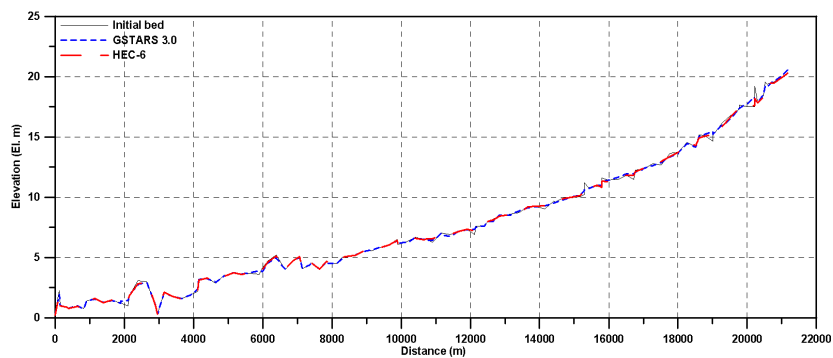
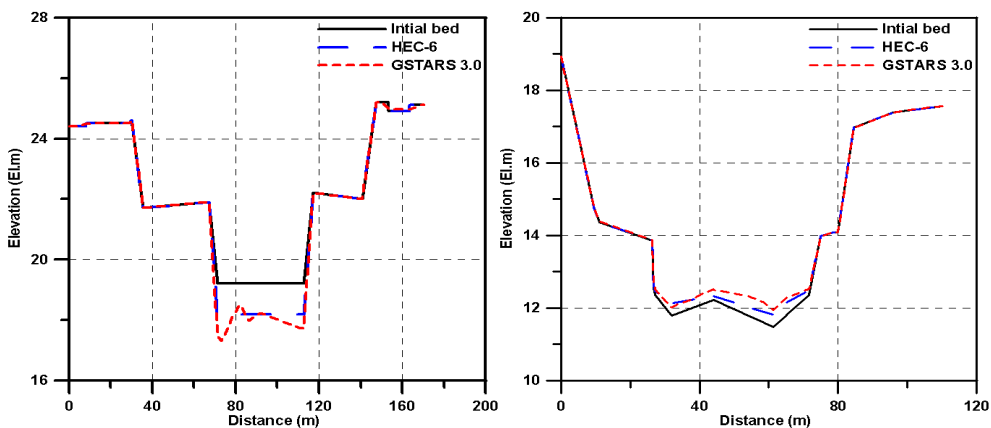


그림 5. GSTARS 모형과 HEC-6 모형 비교



(a) 안양대교보 지점

(b) 안양대교보 하류 3.5km 지점

그림 6. 주요지점별 횡방향 하상변동고 비교

5. 결론 및 향후 연구과제

보 철거에 따른 물리적 영향 분석 자료를 제공하기 위해 준2차원 모형인 GSTARS 3.0 모형과 HEC-6 모형을 안양대교보를 포함한 안양천 20km 구간에 적용한 결과 하상고 변동의 전체적인 경향에 있어서는 두 모형의 결과가 유사한 거동을 보였다. HEC-6 모형에 비해 GSTARS 3.0 모형이 횡방향의 변화를 잘 모의되었다. 안양천의 경우 갈수기 자연 유하량이 매우 작고, 하폭도 상류쪽에는 40-120m로 비교적 작은 하천이기 때문에 갈수기 때에 보를 철거한다면 매우 작은 량의 변동이 장기간에 걸쳐 진행될 것으로 예상되며, 우수기 때는 철거 후 아주 짧은 기간 내에 하상 변동이 급격히 이루어질 것이라 사료된다. 향후 지천 유입 유사량에 따른 하상 변동 영향과 보 철거로 발생하는 추가 유사량에 따른 하상 변동의 영향 분석을 통해 보 철거가 하천 전체에 미치는 비중에 대해 연구할 필요가 있다.

참고문헌

1. 안상진, 윤석환, 백남대 (2002). "수치모형을 이용한 하상변동 예측." **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 693-701.
2. 서일원, 김대근, 이재형 (1995). "GSTARS모형을 이용한 하상변동 해석." **한국토목학회논문집**, 대한토목학회, 제15권, 제6호, pp. 1679-1687.
3. 임창수, 손광익, 이재준, 윤세의 (1999). "수치모형을 이용한 하상변동 연구." **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제32권, 제2호, pp. 131-142.
4. 한국수자원학회(2005). **하천과 저수지의 세굴과 퇴적 예측(1, 2차원 모형의 적용)**, 제14회 수공학워크샵
5. 안양시(2001). **2001안양천살리기 종합계획**.
6. Barber, M.E. and Perkins, D.E. (2000). "Evaluation stream restoration option after dam removal using HEC-RAS." *Building Partnerships-2000 Joint Conference on Water Resource Engineering & Water Resource Planning & Management*, Section 86, Chapter 3.
7. Beck, R. W., Inc. (1998). *Condit Hydroelectric Project Removal: Summary Report and Engineering Considerations*.
8. Evans, J.E., Levine, N.S., Roberts, S. J., and Gottgens J.F. (2002). "Assessment using GIS and sediment routing of the proposed removal of Ballville Dam, Sandusky River, Ohio." *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 38, No. 6, pp. 1549-1565.
9. Thomas, W.A., and Prasuhn, A.L. (1977). "Mathematical modeling of scour and deposition." *Journal of the Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 103, No. HY8.
10. Stoker, B. and Harbor, J.M. (1991). "Dam removal methods, Elwha River, Washington." *Proceedings of the National Conference on Hydraulic Engineering*, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 668-673.
11. Yang, C.T. and Simoes, F.J.M. (2002). *User's Manual for GSTARS3*, U.S. Department of Interior.
12. Williams, D.T. (1997). "Effects of dam removal: An approach to sedimentation." *Hydrologic Engineering Center Technical Paper No. 50*, U.S. Army Corps of Engineers.