

보 철거로 인한 하상변동 -곡릉천 곡릉2보를 중심으로-

Bed Elevation Change in a Stream after Weir Removal - A Case Study on Gokreung No.2 Weir in the Gokreung Stream in Korea -

권보애¹⁾, 안홍규²⁾, 우효섭³⁾, 이동섭⁴⁾

Boae Kwon, Hong Kyu Ahn, Hyoseop Woo, Dong Sop Rhee

요 지

하천의 수위를 유지하거나 농업용수를 취수할 목적으로 하도 내에 조성되는 보는 현재 국내에 약 18,000개 정도가 있다. 그러나 최근 도시 인구집중화에 따른 농경지의 도시화, 토지이용의 변화, 취수 시설물의 통합, 시설의 노후화 등으로 많은 수의 보가 제 기능을 상실하고 있다. 이러한 보는 하천생태통로의 차단, 미생물·어류의 이동 단절, 수질의 악화 초래, 수변 생물서식처의 변화를 가져오고 있다. 기능이 상실된 보 가운데 곡릉천 곡릉2보를 철거함에 따른 상하류 하상변동을 해석하고자 미공병단의 HEC-6 모형을 이용하여 수치해석을 하였다. HEC-6 모형의 수치해석을 위해 곡릉천의 단면, 유사량, 입도분포, 수위-유량 곡선을 이용하였고, 보 철거 후 시간에 따른 유사이동량의 변화를 파악하고 보 상류의 하상세굴과 보 하류의 퇴적현상을 관찰하였다. 또한 보 철거 후 장기하상변동을 모의한 결과 곡릉천에서의 곡릉2보를 철거함으로 인한 평형하상으로 도달되는 시간은 20년 정도 소요되는 것으로 예측되었다. 이러한 기능이 상실된 보를 철거함으로 인해 하류에 미치는 물리적 영향의 분석은 하천 생태 복원을 위한 기초 자료로서 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 보 철거, 하천 복원, 하상변동, HEC-6

1. 서 론

하상변동은 단기적인 면에서는 하천에서의 취수, 배수, 수운 등 하천관리에 직접 영향을 주며, 장기적인 면에서는 하천 구조물의 안정, 홍수위 변화, 지하수위 변화, 홍수터와 같은 하천부지의 변화 등 하천 및 유역관리에 광범위한 영향을 주고 있다. 우리나라로 이러한 하상변동효과의 중요성을 감안하여 1970년대부터 연차적으로 주요 하천에 대해 하상변동조사를 실시해 오고 있다. 그러나 하상변동조사사업은 하천의 종·횡단 측량 등 조사사업에 그치고 있으며, 조사된 자료를 체계적으로 분석하여 하상변동에 의한 하천에의 장·단기 영향 등이 평가되지 않고 있다. 그 이유는 무엇보다도 하상변동 자체의 운동기구가 매우 복잡하여 하천 실무자들이 이해하기 어렵고, 특히 적절한 하상변동 예측방법이 없기 때문이다.

본 연구에서는 하천의 한 지점에서 기존에 설치된 보를 철거하여 퇴적된 토사가 하류로 이동하면서 하상변동이 발생하게 되는 것을 관찰하는 것이 주요 목적이다. 또한 하천정비사업 등에 의한 영향을 제대로 평가하기 위해서 비교적 단기간의 홍수 또는 호우사상에 대한 단기적인 하상변동 효과를 정확하게 예측하는 것도 필요하다. 그리고 장기적으로 관찰하면서 어느 시점에 평형하상이

1) 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : bborane@kict.re.kr

2) 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : ahnhk@kict.re.kr

3) 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구부장 · E-mail : hswoo@kict.re.kr

4) 정회원 · 한국건설기술연구원 연구원 · E-mail : dshree@kict.re.kr

되어 안정화가 이루어지는 지도 관찰하는 것도 필요하다. 이를 위하여 보 철거에 따른 상하류의 하상변동을 1차원 모형인 HEC-6 모형을 이용한 수치모의를 통해 분석하고, 평행하상에 도달하는 시간을 파악하였다.

2. 보 철거로 인한 하상변동 분석

2.1 곡릉2보 개요

대상구간인 곡릉천 곡릉2보는 경기도 고양시에서 관할하는 보로서 높이 약 1.5 m, 길이 약 75 m인 콘크리트 보이다. 마루높이는 E.L. 39.75 m, 폭은 8.8 m인 곡릉2보는 과거 취수용 보로 이용되었으나 주변지역의 토지이용 변화로 인하여 용도가 상실되어 더 이상 보로서의 기능을 하지 않았다. 이에 경기도 고양시와 한국건설기술연구원은 기능이 상실된 곡릉2보를 철거하기로 협의한 후, 지역 주민의 의견수렴과 설명회를 거쳐 지난 2006년 4월 14일 완전 철거하였다(그림 1 참조).

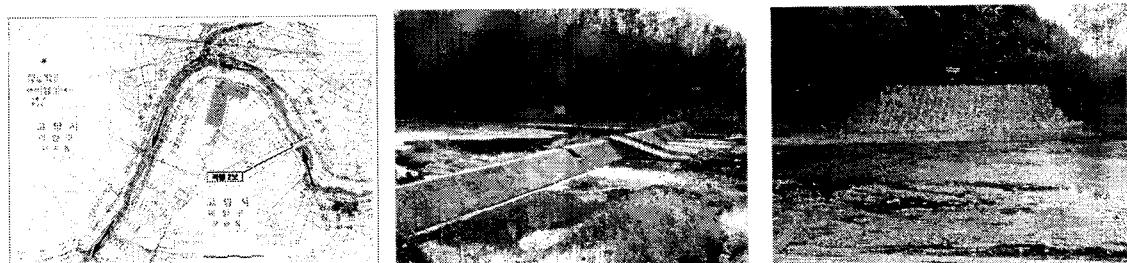


그림 1. 곡릉천 곡릉2보 위치 및 철거 전(좌: 2006. 2)과 보 철거 후(우: 2006. 5) 비교

2.2 하상변동 계산을 위한 자료

HEC-6 모형을 이용한 하상변동 계산에 필요한 자료들은 지형, 수문, 하상 재료, 유사량 자료 등이다. 곡릉천 구간의 이번 연구 구간에서는 위의 자료들 중 유사량 자료와 수문 자료가 부족하여 가용한 자료들을 최대로 활용하면서 합리적인 가정에 의한 추정을 통하여 하상변동을 계산하였다.

모의에 이용한 하천 단면은 곡릉천수계 하천정비기본계획(2002)에 나와 있는 측량 자료를 이용하였다. 단면 No. 24에서 No. 146까지의 12.25 km 구간을 약 100 m 간격으로 측량한 것이다. 이 중, 곡릉2보는 No. 95+42 구간에 위치하고 있다.

그림 2는 2006년 보 철거 상하류 구간 1.5 km 내 No. 92, 94, 97의 하상 재료 입도 분포를 살펴 본 것으로 보 상류 No. 97 구간은 중앙입경인 D_{50} 이 0.5 mm로 굵은 모래(Medium Sand)이고, 보 하류 No. 94 구간은 D_{50} 이 2.7 mm로 매우 가는 자갈(Very Fine Gravel)로 분류되었다. 곡릉천 지방2급 하천구간은 대부분이 산지로 이루어져 있어 자갈 등의 하상재료가 많이 분포되어 있다.

곡릉천수계는 하천 유역 내에 적절한 수위 관측소가 없다. 그래서 한국건설기술연구원에서 수행하고 있는 ‘지표수조사시스템작용’ 과제의 곡릉천구간 일수위 관측 자료를 토대로 유황곡선을 만들었다. 곡릉천 수위자료 관측 위치는 곡릉2보(No. 95+42) 상류 5 km 구간에 위치한 배울보에서 관측한 수위자료를 바탕으로 일평균유량 수문곡선을 적합한 간격으로 분할하였다. 또한, 하류 단의 수면고는 위에서 계산된 일평균유량을 등류수심으로 계산하여 환산하였다. 그림 3은 배울보의 수위 자료로부터 환산한 유량 자료에 대하여 HEC-RAS(1차원 하천 모형)에 의해 곡릉2보 철거 후 측정한 횡단면을 이용하여 유황곡선을 작성한 것이다.

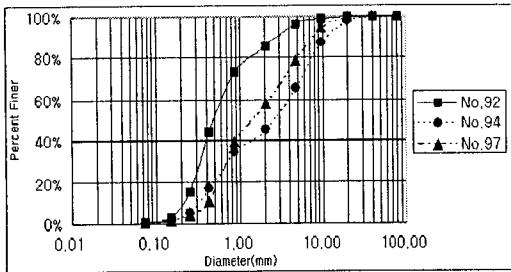


그림 2. 주요 구간의 하상토 입도분포

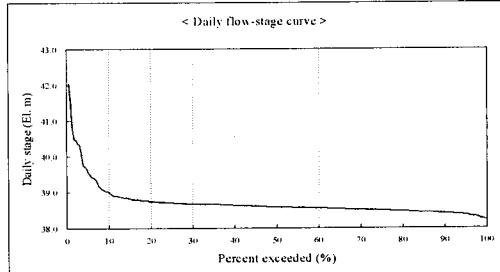


그림 3. 곡릉천 곡릉2보에서의 유황곡선

하상변동 예측모형을 실행시킬 때 가장 어려운 점 중의 하나가 유입 유사량을 예측하는 것이다. 우리나라의 대부분의 하천이 그렇듯 곡릉천에서도 유사량을 측정한 자료가 전무하다. 따라서 유입 유사량을 경험적 또는 이론적으로 추정해야만 한다. 이를 위하여 연구대상 구간의 수리 자료를 다음과 같은 Yang (1973)의 공식에 적용하여 각 입경별로 유사량을 추정하였다.

$$\log C_{ts} = 5.435 - 0.286 \log \frac{wd}{\nu} - 0.457 \log \frac{U_*}{w} + (1.799 - 0.409 \log \frac{wd}{\nu} - 0.314 \log \frac{U_*}{w}) \log \left(\frac{VS}{w} - \frac{V_{cr} S}{w} \right) \quad (1)$$

여기서 C_{ts} = 총 모래 농도 (무게 ppm)이다. Yang 공식은 비교적 정확성이 높으며, 하상 재료 입경별로 유사량을 산정할 수 있도록 되어 있기 때문에 많이 사용한다.

2.3 HEC-6 모형 적용

본 연구구간에 대해서는 Manning 계수 산정방법으로 하상재료 구성 물질 및 하상상태, Chow 방법과 Strickler 공식을 이용한 자연하천에서의 일반적인 Manning 계수, 「곡릉천 하천정비기본계획(2002. 4. 경기도)」 등을 종합적으로 고려하여 그 중간 값으로 조도계수를 결정하였는데, 구간 전체의 n 값을 0.030으로 하고 고수부지 구간의 n 값을 0.035로 적용하였다.

2006년 보 철거 전 4월 횡단측량을 실시하였다. 이 측량 자료와 수문자료를 토대로 계산한 결과와 2006년 5월의 실측치와 비교하였다. 또한 2006년 보 철거 전 4월 횡단측량 자료와 2006년 8월 홍수까지의 수문자료를 이용하여 HEC-6 모형을 모의한 후 8월의 실측치와 비교 검증하였다. 그림 4를 보면 전체 연구구간이 계산결과와 실측치가 비교적 잘 맞는다. 이 결과를 살펴보면 HEC-6 모형이 연구구간의 하상변동을 잘 모의한다는 것을 알 수 있다. HEC-6 모형의 계산결과와 실측치와의 오차는 0.1 m 이내이다.

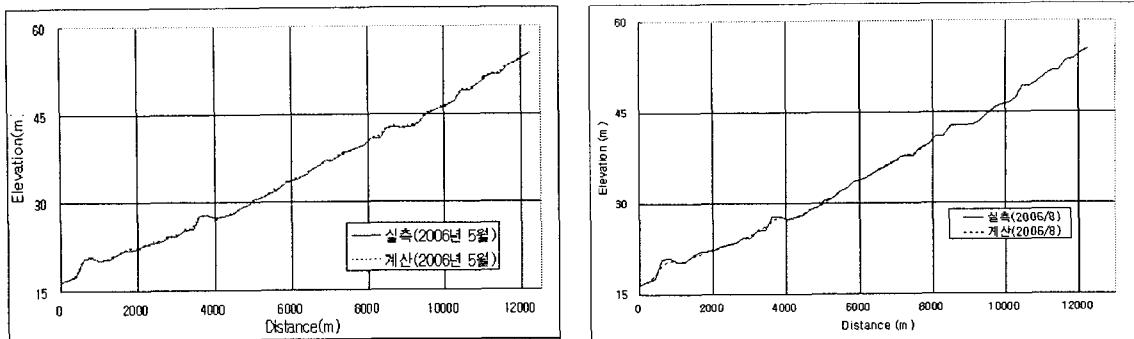


그림 4. 하상변동 실측치와 계산치의 비교(좌; 2006. 5 / 우; 2006. 8)

곡릉천 곡릉2보를 철거 한 후 장기 하상변동을 분석하고자 지형자료는 2006년 자료를 입력하고, 수문자료는 2006년의 일유량이 20년 동안 계속 재현된다는 가정 하에 장기 하상변동을 모의하였다. HEC-6 모형을 10년, 20년을 모의하였는데 20년 후에 평형하상으로 안정이 되는 것을 볼 수 있다(그림 5 참조). 2006년 9월까지 보 철거 후 5개월의 보 상류 하상변동은 20년 후 평형하상을 기준으로 비교해 본다면 88 %의 침식률을 보여준다. 또한 연도별 하상변동고를 비교하였을 때 보를 철거한 1년 후가 가장 큰 폭으로 하상이 변동되어지는 것을 알 수 있다.

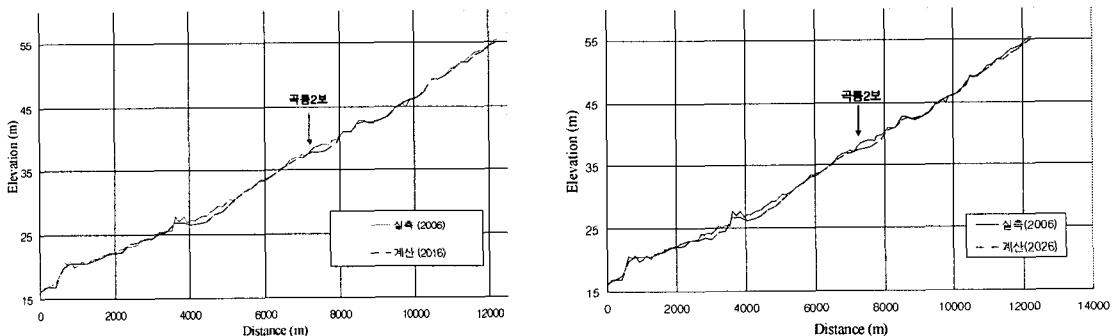


그림 5. HEC-6 모형에 의한 장기 하상변동 예측결과 (좌; 10년 후, 우; 20년 후)

3. 결 론

보 철거 후 보 상류의 침식은 홍수사상이 지속될수록 하상변동량은 증가한다. 곡릉천을 살펴보면 2006년 한 해에 유사이어송을 활발히 촉진시킬만한 홍수사상은 2~3번의 경우 밖에 없었다. 이때의 보 철거 상류구간의 하상변동고는 평형하상을 기준으로 88 %의 침식률을 나타냈다. 이로서 보 철거로 인해 가장 영향을 많이 받는 시기는 철거 후 1년 이내인 것으로 판단된다. 그리고 장기 하상변동을 HEC-6 모형으로 모의를 해 본 결과 20년 후에 평형하상이 되어 안정되는 것을 알 수 있었다. 이 결과로 자연 상태에서 침식이 완료되는 시점은 비교적 장기적 시간이 요구되는 것을 알 수 있었다. 그러나 곡릉천 구간은 산지하천으로 자갈 등의 하상재료가 많이 분포되어 있어 비교적 안정되어 있다. 10년~20년 후의 하상변동을 모의한 결과 특별히 대규모의 하상변동 양상은 나타나지 않을 것으로 예상된다.

보 상류구간의 하상토 입도분포를 살펴보면 보 철거 전 2006년 4월에 D_{50} 이 0.51 mm이었다. 보 철거 후 5월에 D_{50} 이 0.68 mm이었고, 9월에 D_{50} 이 1.96 mm로 진행되었다. 이는 세립질에서 조

립질로 변화되어 가는 것을 나타낸 것으로 하류구간에서도 이와 비슷한 관찰을 할 수 있었다. 이렇게 하상이 모래에서 자갈 등으로 덮이게 되면 그 밑의 모래는 흐름에 의한 침식으로부터 보호를 받게 되어 점차적으로 침식량이 줄어들게 되는 것이다.

보 철거로 인해 일부 구간의 홍수위가 저감되어 홍수의 위험을 줄일 수 있으면서도, 보 철거 후 비교적 하상이 장기간 안정되어 있어 급격한 하상변동의 우려는 없는 것으로 나타났다. 또한, 보에 의해 단절되어 있던 생태계의 복원에 보 철거가 많은 도움을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 아직 시작단계에 있지만, 하천 생태 복원에 있어서 중요하고 의미 있는 연구로서 향후 좀 더 지속적으로 모니터링을 실시·관찰하며 기본 자료를 구축하여야 할 연구라고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 경기도 (2002). 곡룡천수계 하천정비기본계획.
2. 농림부 (2005). 농업생산기반정비사업통계연보.
3. 한국건설기술연구원 (2006). 기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선효과 - 중간보고서, 한국환경기술진흥원.