

보 철거에 의한 하천의 물리적 변화 연구

A Study on Physical Change in River by Small Dam Removal

고택조*, 윤병만**, 류권규***, 전경수****

Taeckjo Ko, Byungman Yoon, Kwonkyu Yu, Kyungsoo Jun,

요 지

국내에서 농업용수 취수, 수위 유지 등의 목적으로 18,000 개의 크고 작은 보가 하천에 설치되어 있으나 농경지의 도시화, 비닐하우스 단지화 등 토지이용의 변화와 대형 저수지의 축조/양수장 설치 등에 따른 취수 시설물의 통합 및 보체의 노후화 등으로 매년 50~150개의 보가 본래의 기능을 상실하여 용도 폐기되고 있다. 그러나 폐기된 보들이 철거 되지 않고 하천에 존치되어 하천생태통로의 단절, 수질 악화 등의 문제가 지속적으로 야기되고 있다. 외국의 경우에는 1970년대부터 본격적으로 기능을 상실한 보, 소형댐 등은 물론 일부 기능이 있는 하천횡단 시설물을 철거하여 하천환경복원을 추진하고 있다. 우리나라의 경우에는 최근 들어 기능을 상실한 보나 소형 댐 등에 한하여 하천생태통로 및 생태환경 복원 차원에서 철거의 필요성이 대두되기 시작하였다. 실제 철거도 이루어지고 있으나 체계적인 연구나 가이드라인 없이 지자체에 의해 이루어지고 있는 실정이다. 보는 하천을 횡단하는 구조물로 보의 상류에 저류지가 형성되고 많은 양의 퇴적물이 쌓여 그에 따른 하상의 단차가 형성된다. 이런 보가 철거됨으로 인해 막대한 양의 유사가 이동하게 되고, 철거 형태에 따라 하상 침·퇴적이 발생하고 그 위치나 양에 따라 하천 형태가 변할 수 있다. 이런 변화를 예측하여 철거에 따른 문제 등을 사전에 방지할 수 있는 기술이 필요하고, 철거에 대한 가이드라인 등이 마련되어야 할 것이다.

본 연구는 한강 제 1지류인 곡릉천에 위치한 곡릉2보의 철거에 따른 하상 변동, 하천 형태 변화 등 물리적 영향을 조사하고, 보 철거 후 장·단기적인 하도 및 하상 변동 등을 예측하는 기술을 개발하는 것이다. 연구 대상 보인 곡릉2보의 철거에 따른 모니터링 결과, 하상의 종단 변화는 그리 크게 생기지 않았으며 보 상·하류 횡단면에서 변화가 다소 큰 것으로 나타났다. 또한, 하상 재료의 부분적 변화도 발견되었으나, 전반적인 하천의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

핵심용어 : 보 철거, 하상 변동, 하천 형태 변화, 모니터링, GSTARS

1. 서 론

국내에서 농업용수 취수, 수위 유지 등의 목적으로 18,000 개의 크고 작은 보가 하천에 설치되어 있으나 도시화 등으로 인한 농경지의 감소와 대형 저수지의 축조/양수장 시설 등으로 인해 그림 1과 같이 매년 50~150개의 보가 기능을 상실하고 있다(한국건설기술연구원, 2006). 그러나 이런 보가 철거 되지 않고 방치됨으로써, 하천생태통로의 단절과 수질이나 하천환경 등을 훼손하고 있어 보 철거의 필요성이 대두되고 있다. 미국의 경우는 소형 댐과 보에 대한 철거를 1970년대부터 본격적으로 시작하여, 그림 2와 같이 476개 이상을 철거하고 있다. 국내에서도 몇몇 보들이 지자체에 의해 철거되었으나, 지자체나 행정단체들의 철거 의지가 아직은 부족하고, 철거에 대한 체계적인 연구나 지침 등이 마련되어 있지 않아 기능을 상실한 대다수의 보들이 하천에 방치되고 있다. 이에 본 연구는 보 철거 지침 준비의 일환으로, 보를 철거함으로 인해 발생하는 하천의 물리적 변화를 연구하고자 한다.

* 정희원 · 명지대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : kotjo0329@hanmail.net

** 정희원 · 명지대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : bmyoon@mju.ac.kr

*** 정희원 · 동의대학교 토목공학과 교수 · E-mail : pururumi@hotmail.com

**** 정희원 · 성균관대학교 사회환경 시스템 공학부 교수 · E-mail : ksjun@yurim.skku.ac.kr

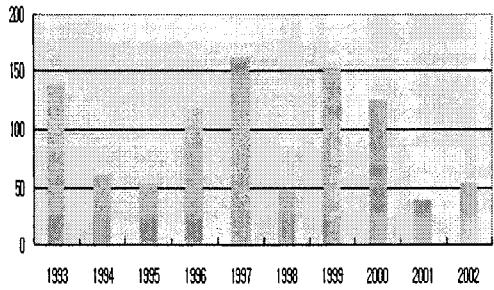


그림 1. 우리나라의 연도별 폐기 보의 개수

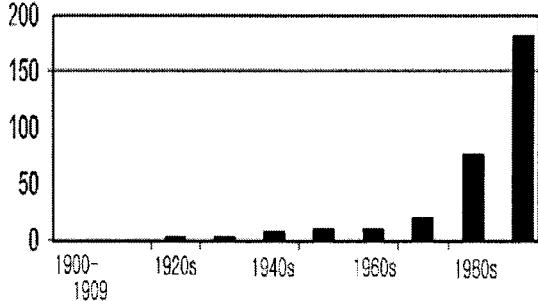


그림 2. 미국의 연도별 철거된 보의 개수

2. 보 철거에 따른 물리적 영향 분석

2.1 연구 대상

연구 대상인 곡릉 2보는 그림 3과 같이 한강의 제 1지류인 곡릉천의 상류에 위치하고 있다. 지방 2급 하천인 곡릉천의 유로연장은 29.65 km, 유역면적은 25.67 km²으로, 대부분이 산지로 구성되어 있다(경기도, 2002). 곡릉 2보는 지방 2급의 종점에서 상류로 1,1812 m에 위치하고 있으며 높이 2.35m, 길이 75m인 콘크리트 고정보 형태로 설치되어 있었다. 그러나 그림 4와 같이 주변 토지 이용은 원래 논이었던 지역이 비닐하우스와 밭농사 지역으로 변하면서 농업용수를 공급하는 보의 기능을 상실하여 2006년 4월에 철거되었다.

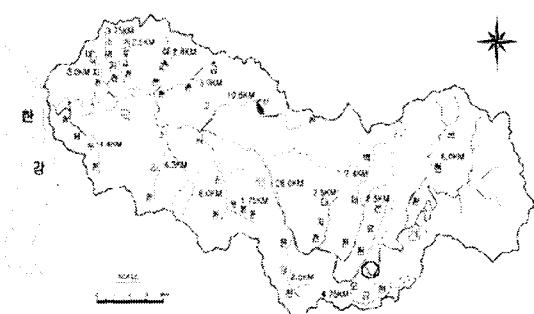


그림 3 곡릉천의 유역도

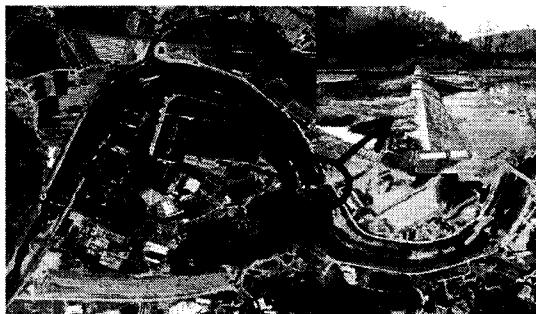


그림 4 곡릉 2보 및 주변 항공사진

2.2 하천의 수문 사상 및 하도 변형

곡릉 2보 철거 후, 7월 한 달 동안 3번의 홍수 사상이 있었으며, 상류 배울보에서 측정된 수위-유량곡선식과 유역 면적비를 사용하여 지방 2급 하천의 종점에서의 유출량을 산정한 결과, 최대 유량은 412 cms 이었다. 아래 그림 5는 지방 2급 하천 종점에서 7월 5일부터 8월 5일까지의 일평균 유출량이다.

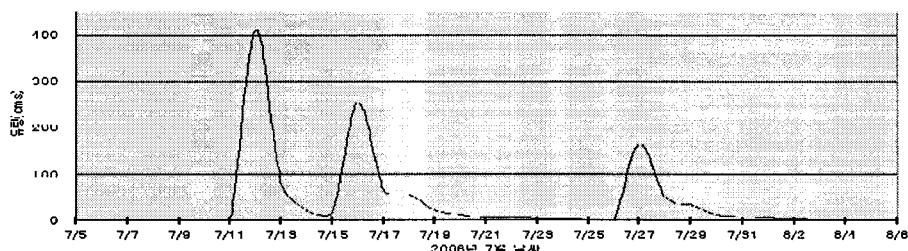


그림 5 배울보의 수위-유량곡선식을 이용한 지방 2급 종점에서의 유출량

다음 사진들은 철거 전과 홍수 전·후의 보의 저류지 부분으로, 그림 6(a-c)를 비교해 보면 보에 의한 퇴적층이 높게 형성되어 있음을 알 수 있고, 보의 철거와 하상의 평탄 작업으로 인해 수위가 약 1 m 정도 감소하였고, 홍수로 인해 그림 6(c)에 나타나듯이 점토 퇴적층은 쓸려 내려가고 굽은 모래와 자갈들이 하상을 이루고 있다.

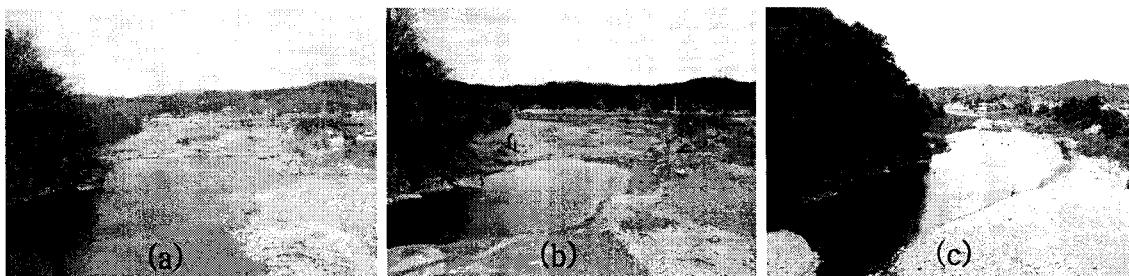


그림 6 보의 상류 저류지 모습(a:철거 전, b:홍수 전, c:홍수 후)

보의 하류 지역은 그림 7(a-c)과 같이 철거 전과 홍수 전·후에도 큰 차이는 보이지 않는다. 단지 홍수 후에는 하중도의 표토인 점토가 씻겨서 자갈들이 하상에 드러나는 점을 제외하면 시각적으로 하도나 하중도 또는 하상고의 변화를 관찰하기가 어려울 정도이다.



그림 7 보 하류 하도의 모습(a:철거 전, b:홍수 전, c:홍수 후)

2.3 하상의 종·횡단 변화 및 하상재료 변동

보 철거로 인한 하상변동을 관찰하기 위하여 그림 8과 같이 보를 기준으로 상류 430 m, 하류 600 m 범위를 모니터링 구간으로 설정하여 측량과 하상토를 조사하였고, 그림 9는 종단 측량 결과이다.

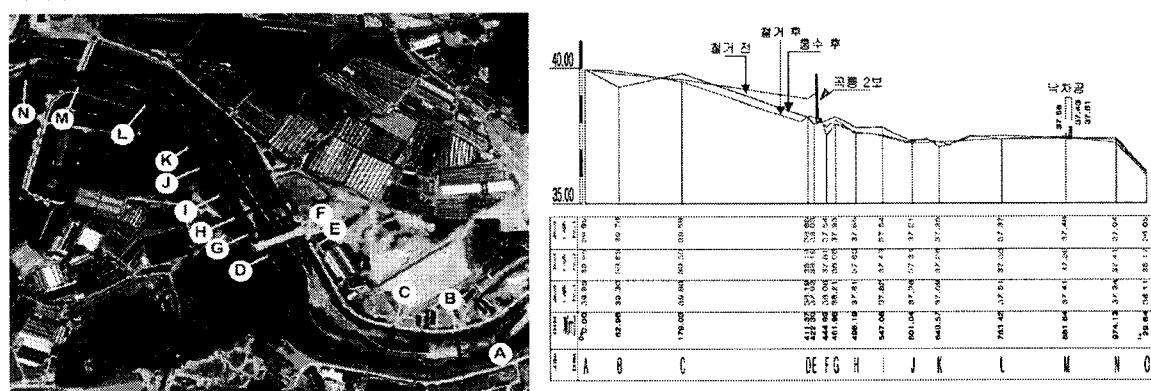


그림 8 보 구간의 모니터링 지점

그림 9 종단고의 변화

그림 9와 같이 상류에서의 종단고의 변화는 보 지역의 평탄 작업으로 인해 하상이 약 0.9 m 저하되었다가 홍수 후에는 오히려 퇴적이 발생하여 0.2 m 높아져서 최종 0.7 m의 하상저하를 확인할 수 있었다. 반대로 보의 직하류 부분은 반대로 퇴적이 일어나면서 보의 상하류의 하상이 원하상 경사에 도달하고 있는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 'K 단면'에서부터는 철거나 홍수에 의해 하상이 거의 변동하지 않는 것을 알 수 있었다. 이는 'M 단면'이

후에 있는 하류 보에 의해 형성된 저류지의 영향으로 이미 하상이 평형 상태에 있기 때문인 것으로 판단된다. 대부분 하천에 설치된 보나 낙차공 등이 균접하여 설치되어 있기 때문에 여타 보를 철거 하더라도 이와 비슷한 양상으로 하상고의 변동이 발생할 것으로 판단된다. 다음 그림 10은 종단에 따른 하상재료 D_{50} 의 변화를 도시한 것으로, 보 하류 80m 지점에서 홍수 후에 D_{50} 의 입경이 19mm 까지 커지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, D_{50} 의 최대 입경을 보이는 위치는 하류 보의 저류가 시작되는 곳까지 하류로 이동하는 것으로 나타났고, 입경 변동은 종단고의 변화와 마찬가지로 하류 보에 의한 저류지역에서 거의 없어지고 있다.

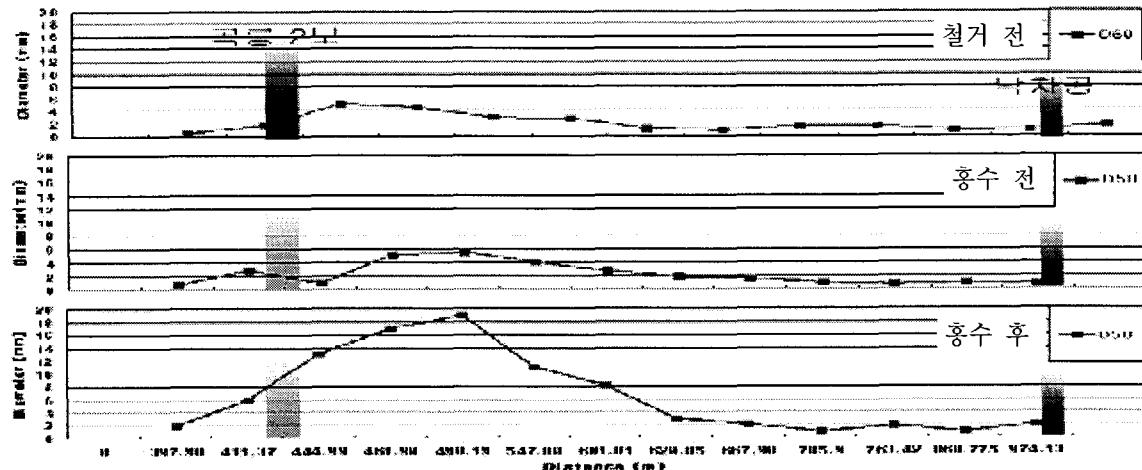


그림 10 종단 거리에 따른 D_{50} 의 입경변화

횡단면의 변화는 앞서 언급한 것과 마찬가지로 상류 단면에서는 침식이 하류단면에서는 퇴적이 발생하고 있으며, 하류 보의 영향을 받는 'K 단면'에서부터는 횡단면의 변화도 미미하다. 다음 그림 11은 모니터링 구간내의 주요 횡단면으로 보의 직상-하류 단면인 'E 단면'과 'F 단면'에서는 철거의 영향으로 침식과 퇴적이 발생하고 있으며, 단면 변화가 미미한 'K 단면'과 'L 단면'은 보 철거에 의한 변화보다는 홍수와 만곡의 영향으로 변화가 발생한 것으로 보인다. 하상의 변화는 전반적으로 하천폭에 비해 미미한 수준으로 기능을 상실한 여타 보를 철거한다고 하더라도 해당 하천의 하상이나 하도의 안정성에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단되고, 상류부의 침식도 원래 하상경사를 회복하는 수준이므로 보가 설치되기 전이나 저류 퇴적층 깊이 이하로 기초가 되어 있는 기타 구조물에는 별다른 악영향을 미치지 않을 것으로 보인다.

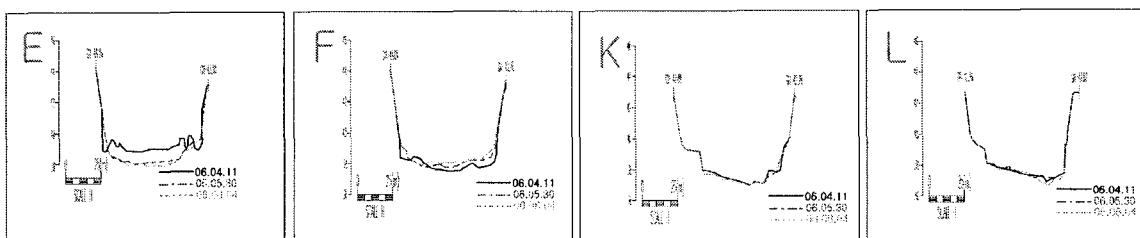


그림 11 모니터링 구간내 주요 단면의 횡단면 변화

3. GSTARS를 이용한 보 철거후 하도 변화 예측

보 철거 후 장·단기적인 하도 및 하상 변동의 예측은 하도의 안정성과 철거 후 발생할 수 있는 문제들을 사전에 파악할 수 있게 해준다. 그러나 우리나라는 최근에 들어 철거를 실시하고 있어서 장·단기적인 하상 변동을 예측할 수 있을 정도의 자료가 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 아래 그림 12-15와 같이 GSTARS를 이용하여 장·단기적인 하상 변동을 예측하기 위해 우선적으로 5월, 8월의 측량자료와 그림 5의 7월 유출사상을 GSTARS로 모의한 결과를 비교하였다.

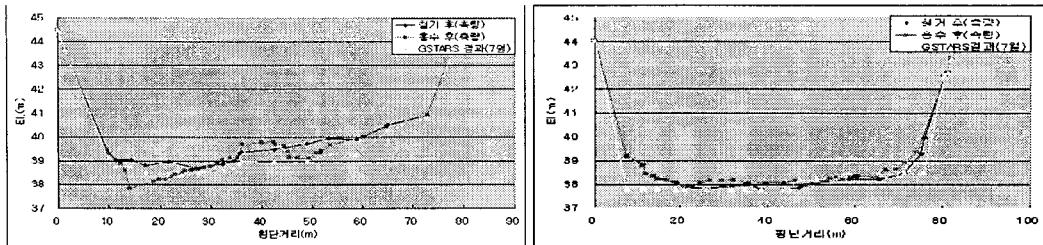


그림 12 보 상류, C단면의 지형변동

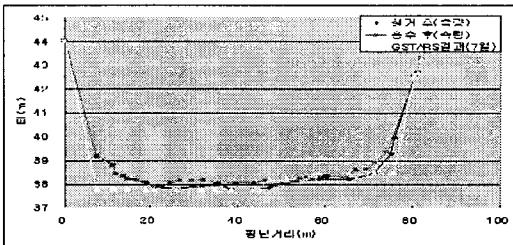


그림 13 보 직하류, F단면의 지형변화

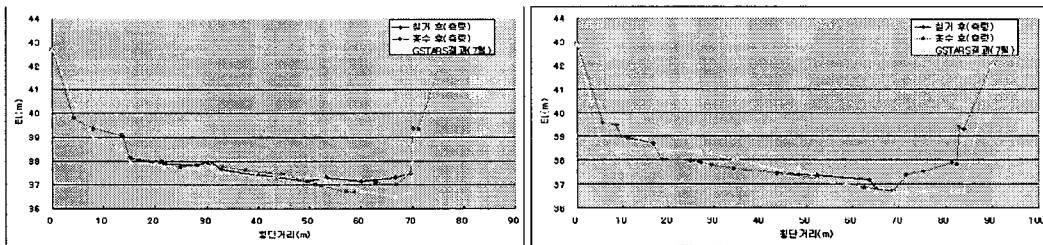


그림 14 보 하류, 저류지역인 'L 단면'의 지형변동 그림 15 하류 보 직상류인 'M 단면'의 지형변동

측량 오차와 수치 프로그램이 동일 횡단면내에서의 국소적인 특성들을 반영할 수 없는 점을 고려하면 위 그림에서 나타나듯이 전반적으로 GSTARS의 결과가 측량 단면과 유사함을 알 수 있다. 그러나 동일 횡단면에서 발생하는 침식과 퇴적은 단면내의 국소적인 특성을 반영할 수 없기 때문에 정확히 모의 되지 않는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

곡릉 2보에 철거에 대한 모니터링 결과, 종단고의 변화는 보의 직상·하류간의 하상경사가 원경사를 회복할 때 까지 침식과 퇴적이 일어날 것으로 보인다. 그러나 하도 내의 하중도나 주수로 등은 변하지는 않았다. 또한 보 철거 후 하상 재료의 입경이 굽어지고, D_{50} 의 최대 입경을 보이는 지점이 점차 하류로 이동하지만 하류 보의 저류가 시작되면서 그 변동량이 점차 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 보 근처의 횡단 변화는 보 철거와 평탄 작업으로 가장 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 하류 저류지에서는 이미 하상이 평형상태를 이루고 있어서 철거의 영향보다는 하도의 만곡과 흥수량에 의해 영향이 큰 것으로 판단된다. GSTARS를 이용한 모의 결과, 전반적으로 측량 자료와 유사함 확인 할 수 있었다. 따라서 GSTARS를 통해 보 철거로 인한 장·단기적인 하상의 변화를 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 좀 더 정확한 모의를 위해서는 모의 구간 전체에 대한 상당양의 자료와 대상 하천 및 하천 구조물의 특성을 반영할 수 있는 명확한 매개변수 값들이 필요할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 한국환경기술진흥원의 지원으로 수행하는 '기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과' 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 경기도 (2002). 곡릉천 수계 하천정비기본계획
2. 한국건설기술연구원(2006). 기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과
2차년도 중간 보고서