

공릉2보 철거에 따른 하천형태학적 변화

Change in Stream Morphology after Gongneung Weir 2 Removal

최성욱* / 이혜은** / 윤병만*** / 우효섭****

Choi, Sung-Uk / Lee, Hea Eun / Yoon, Byungman / Woo, Hyoseop

Abstract

Gongneung Weir 2 was built in 1970s to supply water for irrigation. For a long time, the weir was left uncared because of the land use change of the nearby area. The weir is 1.5 m high, and the stream in which the weir was installed has bed materials of fine sands to fine gravels. In 2006, the local government and residents agreed on uninstalling the weir, and the weir was removed completely on April 14. This paper reports the results of three field investigations for the study of the stream morphology change after the weir removal. Changes in grain size distribution, bed elevation, and cross section before and after the weir removal are provided and discussed. Net amount of sediment deposits within 1 km reach of the stream is estimated, and the results illustrates that the sediment process, leading to an equilibrium of the bed, progressed very swiftly, namely within 45 days.

keywords : weir removal, morphology, sediment transport, equilibrium bed

요 지

공릉2보는 농업용수의 공급을 위하여 1970년대에 설치되었다. 그러나 인근 지역의 토지 이용의 변화로 용도를 다하여 사용되지 않고 방치되어 있었다. 공릉2보는 높이 1.5 m의 소형 보이며, 공릉천의 하상재료는 가는 모래에서 가는 자갈로 구성되어있다. 지자체와 지역 주민들과의 협의를 통하여 공릉2보는 2006년 4월 14일 완전히 철거되었다. 본 논문에서는 공릉2보 철거에 따른 하천형태학적인 변화를 조사하기 위한 연구를 수행하였다. 보 철거 전·후의 하상재료의 입도분포, 종단 하상고, 그리고 단면형의 변화가 고찰되었다. 보를 포함한 1 km 구간에서 순 퇴적량이 산정되었으며, 결과로부터 평형하상을 유도하는 유사이동 과정이 초반 45일동안 무척 빠르게 진행되었음을 보였다.

핵심용어 : 보 철거, 하천형태학, 유사이동, 평형하상

* 교신저자, 연세대학교 토목환경공학과 교수

Corresponding Author, Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University, Shinchon-dong 134, Seodaemun-gu, Seoul, Korea. (e-mail: schoi@yonsei.ac.kr)

** 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 연구원; 전 연세대학교 대학원 토목공학과

Researcher, River, Coastal and Harbor Research Division, KICT, 2311 Daehwa-dong, Ilsanseo-gu, Gyeonggi-do, 411-712, Korea.; Formerly, Graduate Student in School of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University

*** 명지대학교 토목환경공학과 교수

Department of Civil & Environmental Engineering, Myongji University, San 38-2, Nam-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea.

**** 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 연구위원

Senior Research Fellow, River, Coastal and Harbor Research Division, KICT, 2311 Daehwa-dong, Ilsanseo-gu, Gyeonggi-do, 411-712, Korea.

1. 서 론

2002년 현재 우리나라에는 18,000여 개의 댐이 있는 것으로 보고되고 있다. 이 중 높이가 10-15 m를 초과하는 중대형 댐은 1,206 개이며, 중대형 댐 중 84%가 1961년 이후에 건설된 것으로 파악된다 (KOWACO, 2004). 즉, 우리나라 중대형 댐의 다수가 산업화 시기 이후에 만들어져, 설계 연한의 초과, 저수지 퇴사, 그리고 구조물의 노후화 등이 심각한 사회문제로 대두된 적 없다.

그러나 농업용 보 (洑, weir)의 경우에는 사정이 다르다. 농업생산기반정비사업통계연보 (농림부, 2005)에 따르면, 우리나라에서 하천수위를 유지하거나 농업용수의 취수를 목적으로 현재 18,000여 개의 보가 하도에 설치되어 있다. 매년 약 100개의 보가 신설되고 있으며, 동시에 150여개의 보가 용도를 다해 폐기되고 있다. 국내에서 기능과 용도가 상실된 보는 대부분이 높이 1.5 m 미만의 소형 시설물로서 하천에 그대로 방치되고 있는 실정이다 (농림부, 2005). 2006년 4월 국내에서는 처음으로 지자체와 지역 주민과의 협의를 통하여 경기도 고양시 공릉천 소재의 공릉2보가 철거되어 이에 관한 하천형태학 및 생태학적 연구가 진행 중에 있다 (한국건설기술연구원, 2004; 한국건설기술연구원, 2005; 한국건설기술연구원, 2007).

설계 연한을 초과하였거나 기능을 상실한 댐 혹은 보를 철거하는 경우 보 상류부에 퇴적되었던 퇴적토 (특히 조립토)가 하류부로 이송된다. 보 건설 전 발생하였던 홍수시 침투유량과 이에 따른 유사이동 패턴이 회복되며, 홍수시 유송잡물이 보에 집적되는 것을 방지할 수 있다. 또한 어류의 이동통로가 복원되고 하천의 심미적 가치를 높일 수 있다. 그러나 댐 혹은 보 철거 후 하류부에 유사부하량이 엄청나게 증가하여 하천의 안정성이 파괴될 수 있으며 수리시설물 설치 후 조성되었던 건전한 하천 생태계가 훼손될 우려가 있다.

미국 토목학회는 댐 철거와 관련하여 학술적으로 규명되어야 할 사항으로 댐 상류로부터의 유사량과 이의 발생기구 (generating mechanism) 등을 들었다 (Doyle *et al.*, 2003). 보다 구체적으로, 상류지역의 형태와 수문량이 유사량과 발생기구에 미치는 영향, 보 상류의 퇴적토가 침식되는 속도와 이송거리, 그리고 이에 따른 보 하류부의 퇴적현상이 하천 형태와 생태계에 미치는 영향 등이다.

본 연구의 목적은 공릉2보 철거에 따른 하천형태학적인 변화를 고찰하고 앞으로 시행될 보 철거 사업에 유용한 자료를 제공하는 것이다. 연구를 위한 현장조사

는 철거 일시인 2006년 4월 14일을 전후로 하여 실시되었는데, 조사는 2006년 4월 1일, 5월 30일, 8월 4일 총 3회에 걸쳐 이루어졌다 (참고로, 8월 4일에는 중형단 측량을 실시하였고, 체분석을 위한 하상토 채취는 9월 2일 시행되었다). 일반적으로 우리나라의 장마철이 6월 말에서 7월말을 감안하면, 보 철거 후 조사는 장마로 인해 하천에 큰 유량이 발생하기 전과 후에 수행되었음을 알 수 있다. 공릉2보를 중심으로 보 상류 400 m로부터 보 하류 600 m에 이르는 약 1 km 구간을 선정하여 종단측량, 횡단측량, 그리고 입도분포 분석을 실시하였다 (Fig. 3(b) 참조).

2. 국외 연구동향

미국의 경우 1996년 현재 약 75,000개 댐이 있으며, 대부분이 1960년대에 건설된 것으로 보고되고 있다 (ASCE, 1997). 특히, 소형댐의 경우 설계연한을 50년이라고 보면 상당수가 이를 초과하였는데, 이러한 댐 중 많은 수가 철거되었거나 곧 철거될 예정이다. 그러나 미국에서도 댐 철거에 따른 하천형태학적 조사와 연구는 미흡한 것으로 지적되고 있다 (Cui *et al.*, 2006). 참고로 우리나라는 하천에 설치된 높이 15 m 이상의 공작물을 댐이라고 하지만, 미국에서는 높이에 따른 구분없이 댐이라고 한다.

Doyle *et al.* (2003)은 미국 Wisconsin 주 소형댐 철거 사례에 대한 연구를 수행하였다. Doyle *et al.*은 댐 철거로 인하여 발생하는 하천형태학적인 변화는 유사가 공급되는 댐 상류의 침식여건에 따라 크게 변화하는 것을 확인하였다. 즉, 댐 상류부 퇴적토에 압밀이 진행되지 않은 경우에는 댐 철거 후 저수지의 퇴적토가 하류로 이송 혹은 퇴적되는 데 소요되는 시간은 매우 짧아서 수 주 혹은 한 달 이내에 변화가 완료되는 것으로 나타났다. 그러나 퇴적토의 압밀이 상당히 진행된 경우는 두부침식 (head cutting)에 의해 상류부 퇴적토가 절개되면서 수로가 형성되는 과정을 거치게 된다. 이와 같은 유사발생 기구에 의한 저수지 퇴적토의 하류 이송은 상당한 기간을 두고 진행되었다.

Cantelli *et al.* (2004)은 수리실험을 통해서 댐이 철거된 후 저수지 퇴적토 상의 수로형성 과정을 설명하였다. 즉, 댐이 철거되면 곧바로 퇴적토가 절개되면서 수로가 형성된다. 처음에는 수로가 깊이 절개되는데 (rapid incision with narrowing) 이 과정은 빠르게 진행된다. 다음에는 사면을 침식해가며 수로의 폭을 넓히는데 (slow incision with widening) 이 과정은 서서히 진행된다. 퇴적토 상에 수로가 형성되는 과정은 철거된 댐의 하류에 유사를 공급하는 기구를 형성하므로 매우

중요하다.

Cui *et al.* (2006)은 댐 철거 후 발생하는 하천형태 학적인 변화를 모의하기 위한 1차원 수치모형 DREAM (Dam Removal Express Assessment Models)을 개발하였다. 그들은 HEC-6와 같은 모형을 댐 철거에 적용하는 경우 댐에 의한 불연속 선 처리에 있어 문제가 발생할 수 있음을 지적하였다. DREAM 모형은 지배방정식으로 부등류 방정식을 사용하는데, Froude 수가 0.9보다 큰 경우에는 준등류 가정 (quasi-normal flow assumption)을 사용한다. Cui *et al.*은 개발된 모형을 실험 자료 및 실제 현장자료에 적용하여 검증을 시도하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 보철거와 관련된 사업 및 연구는 비교적 최근의 일이며, 우리나라에서는 사례를 찾을 수 없고 외국의 경우에도 드문 것을 알 수 있다. 최근 한국건설기술연구원에 의해 시행된 보철거 사업 보고서에 근거하여 공릉2보 철거 후 하천의 형태학적 변화를 살펴보는 것은 보철거와 관련된 현장관측자료 구축, 개념모형의 정립, 수치모형의 개발 등에 도움을 줄 것으로 보인다.

3. 공릉2보의 개요

공릉2보가 소재하였던 공릉천은 한강의 제1지류로서 유로연장은 45.0 km에 달하며 (국가하천 16.05 km, 지방2급 하천 28.95 km) 유역면적은 253.1 km²인 하천이다 (Fig. 1 참조). 유역의 평균 고도는 EL. 164.44 m (지방 2급 중점 기준)이고 유역의 평균경사는 12.2%이다. 유역의 연평균 강수량은 1,384 mm이고, 연 최대 강수량은 2,355.5 mm (1990년) 그리고 연 최소 강수량은 760.8 mm (1988년) 이다 (경기도, 2002).

공릉천에는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 13개의 지천이 합류되고 있다. 공릉2보는 그림에서와 같이 석현천과 선유천 합류점 사이에 위치하며, 정확하게 석현천 합류점에서 5,097 m 하류지점에 위치한다 (경기도 고양시 오금동 소재). 공릉2보는 주변 농경지에 농업 용수를 공급할 목적으로 건설되었는데, 설치 연도는 대략 1970년대로 추정된다. 공릉2보는 높이 1.5 m, 폭 75 m, 마루고도 EL. 39.75 m, 길이 8.8 m에 달한다 (Fig. 2 참조).

연구대상구간에 보철거 후 마지막 현장조사 전까지 강우는 총 3회 (7월 12일, 16일, 27일) 발생하였다. 유역 내에 가용한 수위관측소가 없으므로, 공릉2보에서 5 km 상류에 위치한 제공보에서 관측된 수위를 가지고 수위-유량관계곡선을 이용하여 유량을 추정하였다 (한국건설기술연구원, 2007). 제공보 이후 합류되는 5개 지천의 유량은 비유량법을 이용하여 고려하였으며, 선유천 합류부

에서 산정된 일별 유량을 Fig. 3에 도시하였다.

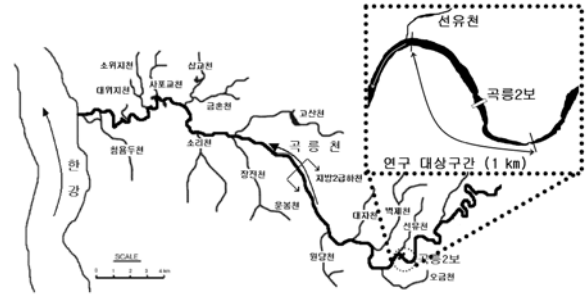


Fig. 1. Study Reach of the Gongneung Stream

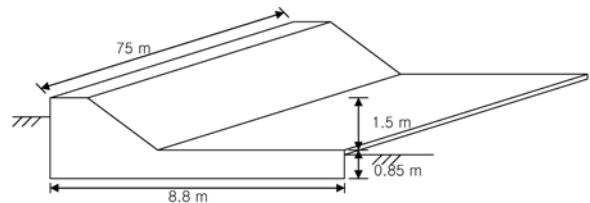


Fig. 2. Specifications of Gongneung Weir 2

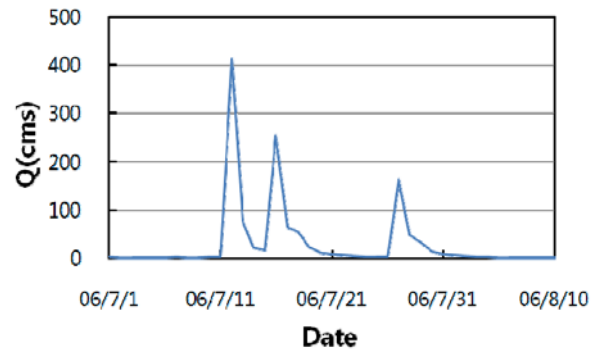
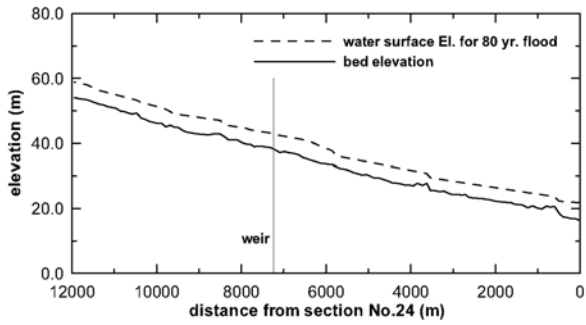


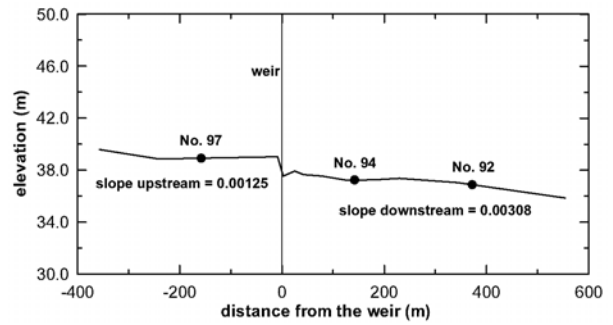
Fig. 3. Discharge at the Confluence with the Seonyu Stream on July, 2006

첫 번째 현장조사 이후 7월 12일 호우사상에 의하여 약 400 cms의 유량이 발생하였고, 7월 16일과 27일 호우사상에 대해서는 각각 250 cms와 180 cms의 유량이 발생한 것으로 산정되었다. 참고로, 공릉천수계 하천정비기본계획 (2002)에 따르면, 공릉천의 계획홍수량은 선유천 합류점에서 80년 빈도의 홍수량이 855 cms 이다.

Fig. 4는 공릉2보 철거전의 공릉천 연구 대상구간 종단도이다 (경기도, 2002). 그림에 하상고와 계획홍수위인 80년 빈도에 대한 수위를 나타내었다. 그림에 나타난 구간의 평균 경사는 0.00307이다. Fig. 4(b)는 2006년 4월 측량자료를 이용하여 공릉2보 주위 구간을 확대하여 그린 것이다. 그림에는 측점의 위치도 함께 도시되어 있는데, 측점 No.97은 보 상류 158 m, 그리고 측점 No.94와 No.92는 보 하류 142 m, 378 m에 각각 위치한다. 그림에서 보 상류부의 퇴적현상과 이로 인한 하상의 불연속을 볼 수 있다. 보 부근의 하상경사를 살

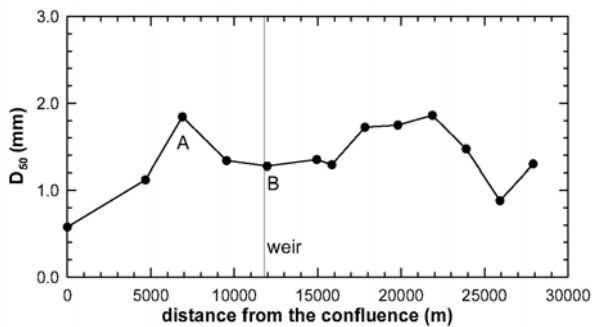


(a) Bed Elevation with Water Level for 80 yr Flood

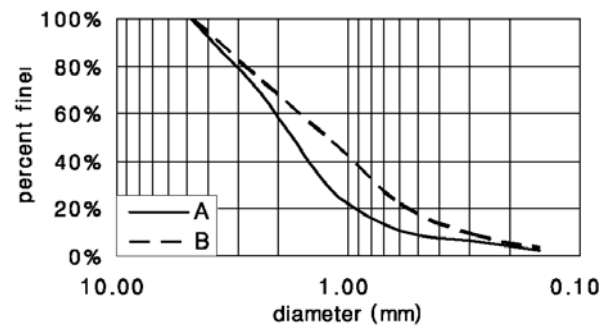


(b) Bed Elevation Profile of 1 km Reach including the Weir

Fig. 4. Longitudinal Bed Elevation Profile



(a) Distribution of D_{50} in the Study Reach



(b) Sediment Size Distribution at pts. A and B

Fig. 5. Distribution of Median Particle Size and Size Distribution of Bed Materials

해보면, 보 상류부 약 500 m 구간은 0.00125 그리고 하류부 약 500 m 구간은 0.00308로 나타나, 보로 인하여 상류부 경사가 완만해 지는 효과가 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 5(a)에는 공릉천 구간 중앙입경의 종방향 분포를 도시하였다 (경기도, 2002). 국가하천 시점 (혹은 지방2급 하천 종점)으로부터 상류방향으로 약 3,000 m 구간에 걸쳐 하상재료의 중앙입경은 약 0.6 mm에서 2.0 mm에 분포하는 것으로 나타났다. Fig. 5(b)는 구간 내 입도의 지점 A와 B에서 입도분포를 보여준다. 두 지점 모두 입도가 비슷하게 분포하며, 가는 모래 (fine sand) 에서 가는 자갈 (fine gravel)까지 광범위하게 분포하는 것으로 나타났다. 이상의 자료로부터 대상 하천의 하상재료는 모래와 자갈이 혼재되어 있는 것을 알 수 있다.

4. 보 철거에 따른 하상재료의 변화

Fig. 6은 공릉2보 철거 전의 상하류 하상재료에 대한 입도분포를 보여준다. 보의 직상류에 해당하는 측점 No. 97의 경우 하상재료의 중앙입경 D_{50} 이 0.5 mm로서 굵은 모래에 해당하며, 직하류인 측점 No. 94는 중앙입경이 2.7 mm인 매우 가는 자갈에 해당하게 된다. 한편 보의 하류 지점에 위치한 측점 No. 92에서는 중앙입경이 1.5 mm로 원하상의 입자크기가 되는 것을 볼 수 있

다. 이와 같은 입도분포로부터 보의 직상류는 보로 인한 세립토의 퇴적 그리고 직하류는 세립토의 유실로 인한 조립화가 발생한 것을 알 수 있으며 보로부터 거리가 증가함에 따라 조립화가 완화되어감을 확인할 수 있다. 이상에서 연구 대상구간의 하상재료 분포도 보로 인해 영향을 받은 일반적인 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

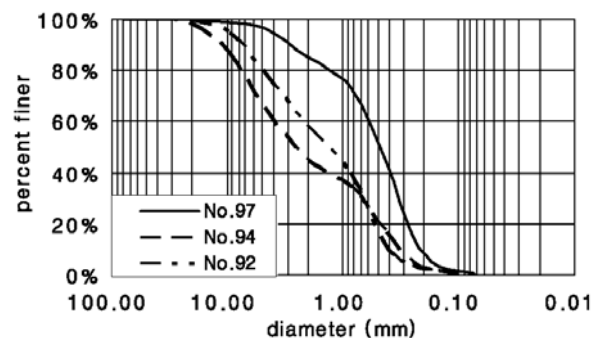
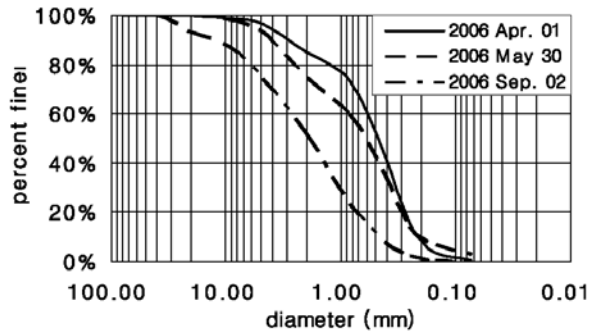
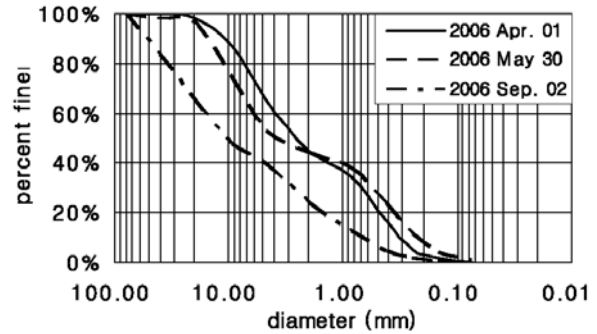


Fig. 6. Size Distribution of Bed Materials at Various Transects before the Weir Removal

Fig. 7(a)와 7(b)는 보철거 전후 상류와 하류 측점에서의 입도분포의 변화를 각각 보여준다. Fig. 7(a)는 보에서 상류 방향으로 158 m 지점에 위치한 측점 No.97



(a) Size Distribution at Transect No.97 Located Upstream of the Weir



(b) Size Distribution at Transect No.94 Located Downstream of the Weir

Fig. 7. Size Distribution of Bed Materials before and after the Weir Removal

Table 1. Sediment Properties Sampled at Transect No.97

(unit: mm)

	D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D _g	σ _g	time
06/04/01	0.21	0.36	0.51	0.75	0.69	2.72	before removal
06/05/30	0.21	0.38	0.68	1.55	0.95	3.60	45 days after removal
06/09/02	0.57	1.44	1.96	4.00	2.32	3.62	140 days after removal

D_g : geometric mean

σ_g : geometric standard deviation

Table 2. Sediment Properties Sampled at Transect No.94

(unit: mm)

	D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D _g	σ _g	time
06/04/01	0.32	0.74	2.74	4.03	1.91	4.63	before removal
06/05/30	0.23	0.62	3.80	6.29	2.01	6.41	45 days after removal
06/09/02	0.71	3.02	10.73	16.61	6.97	5.87	140 days after removal

에서는 입도분포이다. 보가 철거되면서 퇴적되었던 세립토의 유실로 입자의 크기가 증가되며 입도가 양호해지는 것을 확인할 수 있다 (Table 1 참조). 중앙입경을 기준으로 입도분포의 변화를 구체적으로 살펴보면, 보 철거 후 약 45일이 경과한 5월 30일에는 D₅₀ = 0.51 mm (굵은 모래)에서 D₅₀ = 0.68 mm (굵은 모래)로 입자 크기는 서서히 증가하였다. 이로부터 약 90일 동안 D₅₀ = 1.96 mm (매우 굵은 모래)로 조립화 되었다. 이 기간 중에는 입자 크기의 변화가 큰데, 장마로 인하여 큰 유량이 유과된 것을 감안하면 타당함을 알 수 있다.

Fig. 7(b)는 공릉2보에서 하류방향으로 142 m 지점에 위치한 측정점 No.94에서 보 철거 전후 입도분포의 변화를 도시한 것이다. Table 2에는 측정점 No.94에서의 입도특성을 제시하였다. 그림에서 보 철거 45일 이후의 입도분포를 살펴보면 보 철거 전과 매우 비슷한 것을 알 수 있으며, 이로부터 90일 이후인 9월 2일에는 조립화가 상당히 진행되었음을 확인할 수 있다. 이는 7월에 발생한 3회의 호우사상에 근거한 것으로 추정된다. 중

양입경에 근거하여 입도의 변화를 자세히 살펴보면, 보 철거 후 45일 동안에는 D₅₀ = 2.74 mm (매우 가는 자갈)에서 D₅₀ = 3.80 mm (매우 가는 자갈)로, 그리고 140일이 경과한 이후에는 D₅₀ = 10.73 mm (중간 크기 자갈)로 조립화 되었다. 이는 보 철거에 따른 하상 경사의 증가로 소류력이 대상 구간 전반에 대해 증가하였으며 세립토의 퇴적은 측정점 No.94 하류에 발생하였음을 의미한다. 입도분포의 기하학적 표준편차는 초반 45일 동안 증가하다가 이후 조립화가 심화되는 과정에 약간 감소하는 경향을 보였다.

5. 보 철거에 따른 하상변동

Fig. 8은 보 철거 전후 연구 대상구간 단면 중앙 하상고의 중단 변화를 보여준다. 그림에서 실선은 보 철거전인 06년 4월 1일에 관측된 하상고이며 Fig. 3(b)와 동일 한 것이다. 보 철거 후 약 45일이 경과한 06년 5월 30일 관측된 하상고를 살펴보면 보 상류의 퇴적토 상당

량이 유출되었음을 확인 할 수 있다. 이중 일부 유사가 보로부터 약 400 m 이후에 퇴적되었다. 또한 보 철거 후 약 110일이 경과한 06년 8월 4일 자료를 보면, 보로부터 250 m 상류지점에 퇴적이 발생하였으며 보 직하류 부분도 약간의 퇴적이 진행되었음을 알 수 있다. 그림의 상류단에서 중앙 하상고가 약 1 m 낮아진 것은 만곡부에 위치한 단면의 외측 방향으로 홍수에 의해 상당한 침식이 발생하였기 때문이다. 8월 4일 자료에 의한 연구대상 구간의 하상경사는 0.00325로 Fig. 4(a)에 나타난 원래 하천의 경사(0.00307)에 근접해 가는 것을 확인할 수 있다.

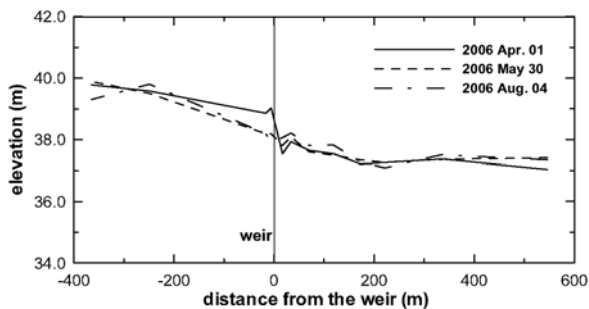
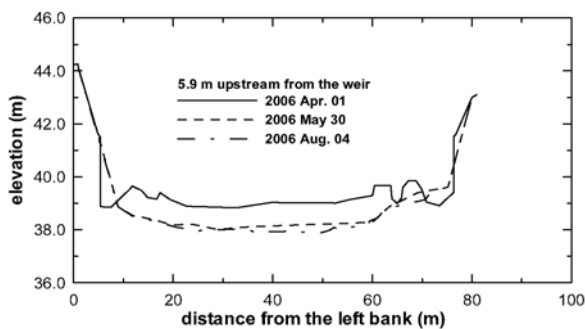


Fig. 8. Longitudinal Profile of Bed Elevation before and after the Weir Removal

Fig. 9(a)와 9(b)는 보로부터 5.9 m 떨어진 직상류와 보에서 16.8 m 떨어진 직하류에서 보 철거에 따른 횡단면의 변화를 보여준다. 그림에서 가로축의 원점은 좌안 측에 해당한다. Fig. 9(a)는 보의 직상류에서 관측된 횡단면의 변화인데, 보 철거 후 약 45일 동안 전체 단면에

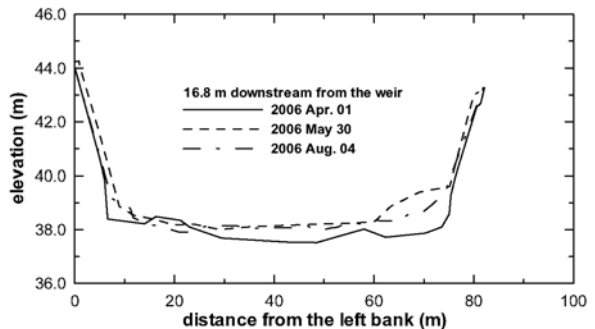


(a) Cross Section at 5.9 m Upstream of the Weir

걸쳐 상당한 양의 침식이 발생한 것을 알 수 있다. 그러나 06년 8월 4일에 관측된 횡단면도에 의하면 이후 약 65일 동안에는 약간의 침식만 진행된 것을 확인할 수 있다. Fig. 9(b)는 보의 직하류에서 관측된 횡단면의 변화이다. 5월 30일에 관측된 자료에 의하면 좌안측에 약간의 침식이 발생하였으나 전반적으로 퇴적이 발생하였다. 이후 약 65일 동안에는 하천 단면의 변화가 크게 진행되지 않음을 알 수 있다.

Fig. 10은 보 철거 후 45일 후인 06년 5월 30일 현지 답사를 통해 관측된 수위하강을 보여주는 사진이다. 촬영된 지점은 보로부터 약 20 m 상류방향의 좌안이며, 사진에서 화살표 위 부분이 철거 전 흔적 수위를 가리킨다. 보 철거로 말미암아 약 0.9 m의 수위 하강이 발생한 것을 확인할 수 있다. 이는 Fig. 8의 결과와 일치하는 것으로 보철거에 따른 퇴적토의 유출이 신속히 진행되어 이에 따른 수위 하강의 효과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

Table 3은 공릉2보 철거에 따른 보 상하류의 침식량과 퇴적량을 계산한 결과이다. 보 철거 후 약 45일 동안 보 상류 지점에서는 7,170 m³ 침식이 하류 지점에서는 340 m³의 퇴적이 발생한 것으로 나타났다. 그러나 이후 65일 동안에는 보 상·하류부 연구 대상구간 전체에 침식이 발생한 것으로 나타났는데, 7월 장마철 홍수량에 의한 소류력 증가가 그 원인으로 보인다. 한편, 8월 4일 관측된 자료를 근거로 평형하상에 도달하였다고 가정할 경우, 초기 45일 동안의 평수량에 의해 보 상류부에서 75%의 하상변동이 발생한 것을 알 수 있다.



(b) Cross Section at 16.8 m Downstream of the Weir

Fig. 9. Change of Channel Cross Section after the Weir Removal

Table 3. Amount of Sediment Erosion and Deposition Within 1 km Reach Including the Weir* (unit: m³)

	upstream reach	downstream reach	net deposition
06/04/01-06/05/30	-7,172.8	340.0	-6,832.8
06/05/30-06/08/04	-2,361.1	-651.6	-3,012.6
06/04/01-06/08/04	-9,533.8	-311.6	-9,845.4

* positive and negative values indicate deposition and erosion, respectively.



Fig. 10. Falling Down of Water Level after the Weir Removal (Left Hand Side of the Stream and just Upstream of the Weir)

보 철거 전과 후 소류력의 변화를 알아보기 위하여 HEC-RAS 프로그램 (HEC, 1998)을 이용하여 수리분석을 실시하였다. 계산을 위하여 평수량 $Q = 0.906$ cms와 보 철거 전의 하상고 및 하상재료 (D_{50})의 분포를 사용하였다. Fig. 11은 보 부근에서 계산된 무차원 전단응력의 종방향 분포이다. 그림에 모래입자의 무차원 한계소류력인 0.06을 일점쇄선으로 나타내었다. 평수량에 대하여 보가 철거되기 전에는 보 직하류부의 소류력이 큰 것으로 나타났다. 그러나, 보 철거 후에는 보 상류부에 소류력이 증가하며 하류부의 소류력은 변화가 없는 것을 알 수 있다. 또한, 그림으로부터 보 상류 200 m 구간에는 침식이 발생하며, 보 하류 200 m 구간에는 세립토의 퇴적이 발생하지 않을 것을 예측할 수 있다. 이와 같은 결과는 보로 인한 배수 효과 유무에 따른 소류력의 변화로서, 보 철거 후 상류측에 발생하는 소류력의 증가는 보 철거 후 유사이동에 의한 평형하상을 유도하는 원동력임을 확인할 수 있다.

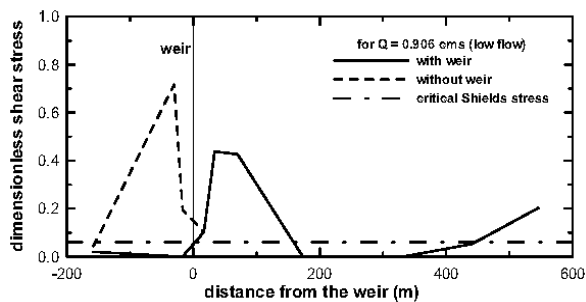


Fig. 11. Change of Dimensionless Shear Stress with and without the Weir

5. 결 론

본 논문에서는 공릉2보의 철거에 따른 하천형태학적 변화를 조사하였다. 공릉2보가 위치한 공릉천은 한강의 제1지류이며 지방2급 하천이다. 공릉천의 하상재료는 가는 모래로부터 가는 자갈 고르게 분포하는 것으로 조사되었다. 공릉2보는 높이 1.5 m, 폭 75 m, 길이 8.8 m이며, 인근 농경지에 농업용수를 공급할 목적으로 건설되었다. 정확한 연대는 알 수 없으나, 공릉2보는 1970년대 경에 설치된 것으로 추정된다. 공릉2보는 건설 당시의 용도를 상실하여 하천에 그대로 방치되고 있었으나, 2006년 4월 14일 지자체와 주민의 협의를 통하여 보를 철거하기 이르렀다. 연구에 필요한 자료수집과 조사를 위하여 보 철거 전 1회 그리고 철거 후 2회 전체 3회에 걸쳐 현장 조사 및 측량을 실시하였다.

보가 철거되기 전 보 상류부의 하상경사는 원래의 하상경사보다 작은 것으로 나타났는데, 이것은 보 상류부의 퇴적현상에 의한 것이다. 또한, 보 철거 전 수집된 입도분포로부터 보 상류 부에는 세립토의 퇴적이 하류부 400 m 구간에는 세립토가 유실되어 하상재료의 조립화가 진행된 것으로 나타났다.

보 철거 후 보로부터 약 160 m 떨어진 상류 지점의 입도는 시간이 경과함에 따라 점점 조립화 되어가는 경향을 나타냈는데, 이것은 보가 철거되어 하천의 유사이동 능력이 증가되었기 때문이다. 한편, 보로부터 약 140 m 떨어진 하류 지점에서는 7월 호우사상 이전의 입도 분포가 변하지 않다가 호우사상 이후 조립화 되는 경향을 보였다. 하상의 종단 분포로부터 시간이 경과함에 따라 원래 하상경사가 회복되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 장마철 전인 전반부 45일 동안 평수량에 의해 상당부분 진행되었다. 또한, 보 상류 측에서 침식된 세립토는 보의 직하류 부근에 퇴적되지 않고 더 멀리 이동된 것으로 나타났다. 측량을 통해 획득한 횡단면 자료와 현장조사를 통해 관찰된 흔적 수위 또한 일관성 있는 결과를 보여주었다. HEC-RAS를 이용한 수치모의를 통하여, 보 철거 이후에는 보 직상류 부분에서 무차원 소류력이 두드러지게 증가하는 현상으로 인해 평형하상으로 회귀하는 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 하상재료가 모래와 가는 자갈로 이루어진 지방2급 하천에 설치된 소형 보를 철거하는 경우 평수량에 의한 유사이동에 의해 비교적 빠른 시간에 평형하상에 근접해 가는 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 2004년부터 2008년 3월까지 진행되는

「환경부 차세대 핵심기술개발 2단계사업」 “기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과 연구”의 결과의 일부로 진행되었습니다. 또한, 제1저자의 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업 연구비지원 (06건설핵심 B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

경기도 (2002). **공릉천수계 하천정비기본계획**.
 농림부 (2005). **농업생산기반정비사업통계연보**.
 한국건설기술연구원 (2004). **기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과, 1차년도 진도보고서**.
 한국건설기술연구원 (2005). **기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과, 2차년도 진도보고서**.
 한국건설기술연구원 (2007). **기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과, 3차년도 중간보고서**.
 ASCE (1997). *Guidelines for Retirement of Dams and Hydroelectric Facilities*. ASCE, NY.
 Cantelli, A., Paola, C., and Parker, G. (2004). “Experiments on upstream-migrating erosional

narrowing and widening of an incisional channel caused by dam removal.” *Water Resources Research*, 40, W03304, doi:10.1029/2003WR002940.
 Cui, Y., Parker, G., Braudrick, C., Dietrich, W.E., and Cluer, B. (2006). “Dam removal express assessment models (DREAM). Part 2: Sample runs/Sensitivity tests.” *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 44, No. 3, pp. 308-323.
 Cui, Y., Parker, G., Braudrick, C., and Dietrich, W.E. (2006). “Dam removal express assessment models (DREAM). Part 1: Model development and validation.” *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 44, No. 3, pp. 291-307.
 Doyle, M.W., Stanley, E.H., and Harbor, J.M. (2003). “Channel adjustments following two dam removals in Wisconsin.” *Water Resources Research*, Vol. 39, No. 1, 1011, doi:10.1029/2002WR001714.
 KOWACO (2004). *Korea&Dams*.
 Yoon, B, and Woo, H. (2000). “Sediment problems in Korea.” *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 126, No. 7, pp. 486-491.

(논문번호:08-85/접수:2008.07.31/심사완료:2009.04.27)