

하천수계의 보가 수질에 미치는 영향 분석

Effects of weir on the change of water quality

조용철^{*}·안홍규^{**}·우효섭^{***}·오종민^{****}

Yong Chul Cho-Hong Kyu Ahn-Hyo Seop Woo-Jong Min Oh

요 지

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 집중화 따른 도심부의 확대로 인한 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 방치되어 하천생태통로의 단절, 수질악화, 수변 서식처악화 등의 문제를 지속적으로 야기시키고 있다.

연구지역은 경기도 고양시 곡릉천 곡릉2보로 선정하여 보 철거전과 보 철거 후의 모니터링을 통한 수질분석을 시행하였다. 곡릉2보는 과거 취수용 보로 이용되었으나 주변지역 토지이용 변화로 용도를 상실한 보이다. 보 철거 전에는 보로 인한 보 상류 지역에 퇴적물이 쌓이면서 정체구역이 생기고 부유물질이 많아지면서 수질 악화를 초래하는 것으로 나타났다. 그러나 보 철거 후에는 화학적으로 상류·하류지점에서 SS 및 BOD의 농도가 감소하여 전체적으로 수질향상에 기여한 것으로 나타났다.

보 철거에 따른 수질분석에 대한 연구는 아직 진행 단계에 머물러 있으며, 그 주변에 대한 상세한 이론은 아직 미미하다. 따라서 현재 국내외 보의 현황 및 보 철거 기술을 조사하고, 우리나라의 조건이 다른 보를 선정하여 하천의 보가 수질에 미치는 영향을 정량적으로 분석함으로써, 향후 우리나라의 보 관리방안의 방향을 제시하는데 도움이 되고자 한다.

핵심용어 : 보

1. 서 론

보는 논밭에 물을 대기에 편리한 수면 높이를 얻고, 가뭄철에도 농업용수를 확보하며, 강하구로부터 짠물을 흘러드는 것을 막고 큰물을 분산하여 물량을 조절하기 위해서 설치하는 것으로 하천에 둑을 쌓아 만드는 저수시설이다.

보는 전국적으로 약 18,000여개의 보가 가동 존치되어 있는데 그중 높이 1.0m 이하의 보가 약 70%를 차지하며, 약 25%가 1.0~2.0m 정도 높이의 보이며, 그보다 높은 보가 약 5%를 차지하고 있다. 지역별로는 강원도가 3,800개 정도로서 전체의 약 21%를 차지하며 그 다음으로는 경상북도,

* 조용철(경희대학교 환경공학 전공 석사과정)E-mail : mcsinper@hanmail.net

** 안홍규(한국건설기술연구원 선임연구원)E-mail : iahnhk@kict.re.kr

*** 우효섭(한국건설기술연구원 선임연구부장)E-mail : hswoo@kict.re.kr

**** 오종민(corresponding author)경희대학교 환경·응용화학부 교수E-mail : jmoh@khu.ac.kr

경상남도, 충청북도의 순이다. 과거 50년 동안 국내 보 설치 수는 매년 증가하여 왔으나, 그 증가 비율은 근래 들어 감소하는 추세로, 이는 보 보다는 용수공급능력이 큰 양수장, 저수지 등 타 시설물에 의존하는 경향을 보이는 것으로 판단할 수 있다. 게다가 도심부의 확대로 농경지가 도시화되고, 논농사위주에서 비닐하우스 단지로의 변화와 같은 토지이용의 변화, 시설의 노후화 등으로 매년 50 ~ 150개 정도의 보가 폐기되고 있다(농림부 농업기반공사, 2002). 폐기된 보는 비용과 시간적 문제로 인해 대부분 물리적으로 완전철거하지 못하고 그대로 존치시키고 있다.

특히, 1993년부터 2002년까지 지난 10년간 폐기된 보는 총 942개에 이르며, 1991년에는 한 해에 무려 1,184개의 보를 폐기하였다. 2002년을 기준으로 한 시도별 폐기 현황은 강원도가 약 60%를 차지하고 있으며, 경기도와 충청도가 약 10%정도를 차지하고 있다(농림부 농업기반공사, 2002).

최근 보는 기능이 다하여 폐기되거나 관리가 소홀해지면서 하천생태통로의 단절, 수질 악화, 수변 서식처 악화 등의 문제를 지속적으로 야기시키고 있다. 외국의 경우 기능이 다한 보나 소형댐 등은 물론 일부 기능이 있는 하천 횡단 시설물을 철거하여 하천생태통로의 복원 등 하천복원을 추진하고 있는 추세이다.

따라서 현재 국내외 보의 현황 및 보 철거 기술을 조사하고, 우리나라의 조건이 다른 보를 선정하여 하천의 보가 수질에 미치는 영향을 정량적으로 분석함으로써, 향후 우리나라의 보 관리방안의 방향을 제시하는데 도움이 되고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 대상지점 선정

곡릉천은 한강 권역의 한강 수계에 속하며, 한강의 제1지류이다. 국가하천, 지방2급하천으로 나누어져 있으며, 국가하천은 유로연장 45.7km, 하천연장 16.05km, 유역면적 261.41km²이며 지방2급하천은 유로연장 29.65km, 하천연장 28.95km, 유역면적 125.6km²이다. 곡릉천 곡릉2보는 길이 76cm, 높이 1.5m로 과거 취수용 보로 이용되었으나 주변지역 토지이용 변화로 용도 상실 하였으며 고양시 관할이다. 본 연구에서 직접철거 사업 시행하였다.

Table 1. Location of study spots.

Type	a location
Konglueng weir	G1: top point
	G2: up stream
	G3: down stream
	G4: bottom point

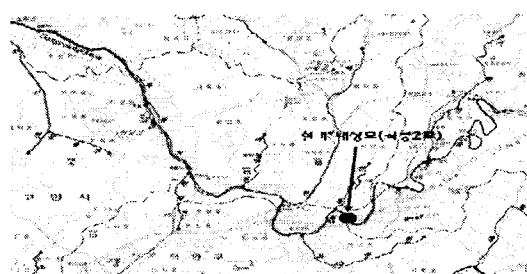


Fig. 1. Sampling sites.

2.2. 실험 채취 및 실험방법

본 연구에서는 2006년 3월 ~ 2006년 9월에 걸쳐 3회 측정하였다. 측정은 보 철거 전 1회, 보 철거후 2회에 걸쳐 측정하였으며 지점은 최상류, 보 상류, 보 하류, 보 최하류 지점에서 측정하였다.

시료 채취는 수질공정시험법에 준하여 수행하였으며, 현장에서 균일한 수질을 보일 것으로 판단되는 저수지의 중앙부에서 채취하였다. 깨끗이 건조된 2L polyethylene bottle을 현장의 물로 2~3회 세척하여 현장 조건과 가장 근접하게 처리한 후 Vandorn sampler로 시료를 채취해 bottle에 가득 채운 후 밀폐하여 실내분석을 위하여 신속하게 운반하였다.

채취된 시료는 실험실에서 수질공정시험법과 standard method에 준하여 SS, COD, T-N, T-P에 대한 항목을 측정하였다. SS는 GF/C여지로 여과하여 105°C에서 2시간동안 건조한 후에 여지 무게의 건조 전·후차이로 측정하였고, COD는 시료를 황산 산성으로 하여 일정량의 과망간산칼륨용액을 넣고 30분간 수욕상에서 가열한 후 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양으로 측정하였다. T-N은 알칼리성 과황산칼륨으로 전처리를 한 후에 자외선 흡광광도법으로 측정하였고, T-P는 질산-황산 전처리를 한 후에 아스코르빈산 환원법으로 측정하였다. 측정항목 및 분석방법은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Analytical methods.

Measurement Item	Analytical methods	Remark	Measurement Item	Analytical methods
SS	glass fiber filter	GF/C(pore size-1.2μm) (105°C, 2hour건조)	NH4+ N	I.C.(Metrohm, 792 Basic IC)
COD	산성 100°C에서 KMnO4에 의한 화학적 산소요구량	산화제 KMnO4	NO2-N	I.C.(Metrohm, 792 Basic IC)
T-N	자외선 흡광광도법(220nm) (UV-1601PC, Shimazu, Japan)	알칼리성 과황산칼륨 전처리	NO3-N	I.C.(Metrohm, 792 Basic IC)
T-P	흡광광도법 (아스코르빈산 환원법-880nm)	질산-황산 전처리	PO4-P	I.C.(Metrohm, 792 Basic IC)

3. 실험 결과 및 고찰

곡릉천 곡릉2보는 각 지점의 수온, pH는 17°C ~ 30°C, 6.8 ~ 8.4 범위를 나타냈으며, DO 농도는 보철거전 3월에 평균 8.4 mg/L였으며, 보철거 후 5월에 8.8 mg/L로 가장 높게 나타나 보철거 후에 보 G2-G3에 DO가 높게 나타났다.

EC(전기전도도)는 보 철거 전 평균 223 μs/L이고, 보 철거 후 226 μs/L, 287 μs/L이다.

SS 농도는 3.6 mg/L ~ 31.2 mg/L의 범위를 나타냈으며, 보 철거 전보다 보 철거 후의 G2-G3에서의 SS농도값이 많이 낮아졌으며, 특히 G3부분에서 SS농도값이 많이 줄어들었다.

생물화학적 산소요구량(BOD)의 분석 결과 1.1 mg /L ~ 6.1 mg/L의 범위를 나타났으며 G2는 6.1 mg /L에서 1.2 mg/L로, G3 4.9 mg/L에서 3.3mg/L 으로 나타나 보철거 전보다 보철거 후 G2, G3에서의 BOD농도값이 많이 좋아졌다.

화학적 산소요구량(COD)의 분석 결과 0.6 mg/L ~ 4 mg/L의 범위를 나타났으며 보 철거 전 G2, G3에서 2.4 mg/L, 3.2 mg/L로 나타났으나 보 철거 후 5월달에는 G2에서 2.8 mg/L, G3에서는 1.2 mg/L로 나타났으며 9월달에는 G2에서 1.2 mg/L, G3에서 0.6 mg/L로 나타나 보 철거 전보다 보 철거후 G2와 G3에서의 농도값이 좋아졌다.

식물플랑크톤의 성장에 제한요인으로 알려진 총인은 0.02 mg/L ~ 0.15 mg/L의 범위로 조사되었 다. 총인의 농도는 대체로 보 철거 전과 보 철거 후의 농도가 비슷했지만 3차조사에서의 모든지점이 보 철거 전보다 농도가 낮아졌으며 보 철거 전 G3에서의 최고치였다.

총질소은 0.89 mg/L ~ 5.72 mg/L 의 범위로 조사되었으며 1차조사에서는 4.75 mg/L 2차조사에서는 5.01 mg/L 3차조사에서는 1.12 mg/L 로 나타나났으며 보 철거 전보다 보 철거 후 G2, G3에서의 농도값이 좋아졌다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 은 0.17 mg/L ~ 3.29 mg/L 의 범위를 나타났으며 보 철거 전인 1차조사에서의 G2의 농도값은 2.04 mg/L 였으나 2, 3차 조사에서는 1.15 mg/L , 0.24 mg/L 로 점차 낮아졌다. G3역시 1차조사에서는 2.67 mg/L 였으나 2,3차조사에서는 1.36 mg/L , 0.17 mg/L 로 나타나 보 철거 전보다, 보 철거후의 농도값이 낮아지는것을 알수있었다.

$\text{NO}_2\text{-N}$ 은 0.04 mg/L ~ 0.27 mg/L 의 범위를 나타났으며 보 철거 전에는 0.04 mg/L 보 철거 후 0.18 mg/L , 0.21 mg/L 로 나타났다.

$\text{NH}_4\text{-N}$ 은 0.012 mg/L ~ 0.17 mg/L 의 범위를 나타났으며 보 철거 전에는 0.12 mg/L 보 철거 후 0.05 mg/L , 0.07 mg/L 로 나타났다.

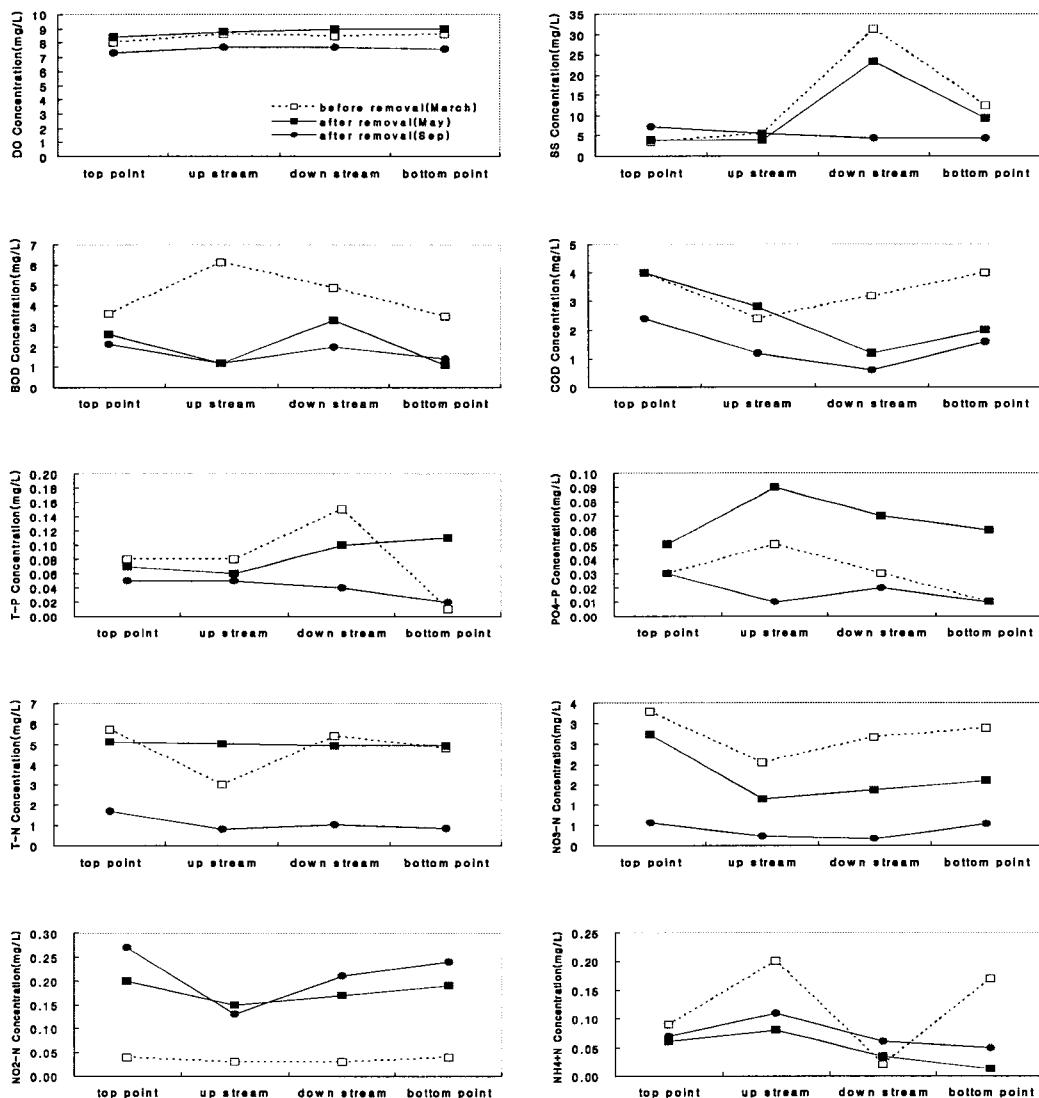


Fig. 2. Spatial variation of water quality based on site of DO, SS, BOD, COD, T-N, T-P, PO4-P, NO3-N, NO2-N, NH4-N in Konglueng weir

4. 결 론

곡릉천 곡릉2보의 보 철거전, 보 철거후의 상류, 하류의 수질오염의 변동사항을 파악하기 위하여 2006년 3월부터 2006년 9월까지 총 3회 조사하였다. 수온은 1차조사부터 3차조사기간의 볼수 있는 온도차는 일조량, 하천의 유량 및 강우 때문이라고 할수있다. 3차조사에서 pH가 높은 이유는 9 월달에 Chl.a가 높게 측정되어 식물플랑크톤의 활발한 광합성이 pH에 영향을 미친 것으로 판단된다. DO의 변동은 온도의 의한 수중DO포화도의 영향이 커 전반적으로 수온이 상승할 때 낮았고, 수온이 하강할 때 높아 수온과 반비례하는 경향을 보임

환경요인 중 SS, BOD의 변동이 다른 요인에 비해 증감양상이 뚜렷하였고 특히 보 철거전보다 보상/하류의 수질향상이 큰 것으로 판찰되었다.

지점별로는 보 철거전, 보다 보 철거후, G3 지점(31.2 → 4.4mg/L)에서의 부유물질 농도가 많이 좋아졌으며, 9월에는 부유물질농도가 급격히 하락하였는데, 이는 보 철거전에는 부유물질이 보상류부에 퇴적되었으나, 보 철거후에는 부유물질에 퇴적되지 않고 하류쪽으로 유하하면서 전 지점에서 부유물질 농도가 낮아진 것으로 판단된다. 수질은 수문요인과도 관련성이 높아 평수량이하의 유량이 장기화되거나 비교적 유량이 적은 저수기~갈수기에도 관련성이 있었다.

보 철거 전 보다 보 철거 후 상류, 하류 지점에서 인농도 값이 낮게 나타났으며, 지점별 입자상(PO4-P)가 57%, 83%, 40%, 80%로 존재하여 모든 지점에서 유기인 형태로 존재함을 알수 있었다. COD, 총인 및 총질소 농도는 보 철거 전보다 보 철거 후(3차조사)에서 농도가 많이 낮아진 것을 알수 있었고 특히 G3지점에서의 농도가 많이 저감된 것으로 보아 보철거 함으로써 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되었다.

감 사 의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 지원으로 이루어 졌으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. The European Rivers Network Site, 2004.
2. The Heinz Center, Dam Removal-Science and Decision Making, 2002.
3. USACE, Dredging and Dredged Materials Disposal, EM1110-2-5025, U.S. Army Corps Engineers Washington, D. C., 1983.
4. USACE, Confined Disposal of Dredged Material, EM1110-2-5027, 1987.
5. 최예환, 유능환, 최중대, 김기성, 취입보의 소하천에서의 환경적 기능과 역할, 강원대학교 농업과학연구소 논문집 제 10집, 1999.
6. 우효섭, 윤병만, 조강현, 기능을 상실한 보의 철거를 통한 하천생태통로 복원과 하천재해 예방 연구방향, 한국수자원학회, 한국수자원학회지 Vol. 37, pp. 99 ~ 109, 2004.