

수질개선에 효율적인 하천 보의 현지 기초조사

김진홍*, 이삼희**

1. 서론

본 연구는 수질개선에 효율적인 하천 보의 적정 형태를 결정하기 위한 기초 단계로서 어떤 형태의 보가 수질개선에 효과적인지 현지조사를 통해 밝히는 것을 목적으로 하고 있다. 하천 수공구조물로서 보는 흐름을 차단, 저류시킴으로써 수질악화를 야기시킨다. 따라서 하천수질 개선을 위해 보를 통과하거나 월류하는 경우의 흐름 현상을 수리학적으로 분석함으로써, 수질개선에 효율적인 보와 낙차공의 적정 형상이 검토되어야 한다. 수질이 악화된 흐름은 보의 경우 유량이 적을 때는 배수구를 통해 흐르고 유량이 많을 경우 보 전체를 월류한다. 이때 보를 통과한 흐름은 폭기효과에 의하여 공기중의 산소가 대량으로 흐름 속으로 유입되어 수질이 개선되어야 한다.

본 연구에서는 흐름의 차단, 저류에 따른 수질 악화를 조사하기 위해 기존의 보에 대한 현지조사를 하였다. 흐름이 정체되어 있는 보를 대상으로 구조물 상류부와 하류부에서 구조물의 형태에 따른 수리특성과 수질개선 상태를 조사하였으며, 어떤 형태의 보가 수질개선에 가장 효율적인지 정량적인 분석을 실시하였다.

2. 대표 형태의 구조물 선정

흐름을 차단시킴으로써 수질악화를 초래하는 수공구조물에는 반드시 수질개선이 요구되며, 이는 구조물을 월류하거나 배수구를 통한 흐름에 폭기효과에 의한 공기혼입을 일으키게 하여 수질개선을 도모하는 것이 바람직하다. 따라서 공기혼입을 일으키게 하는 수공구조물에서의 흐름 특성과 효율성에 관한 연구가 요구된다.

수질악화를 초래하는 대표적인 구조물로서 보를 선정하고, 조사 대상지점으로 안성천과 탄천을 선정하였다. 탄천의 계단형 보 3곳과 안성천의 2곳을 택하였으며, 탄천의 보는 계단형 4단, 계단형 2단 및 계단형 1단이며, 안성천의 보는 철제보와 콘크리트 고정보이다.

아래 그림은 선정된 보를 나타내고 있다.

* : 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

** : 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

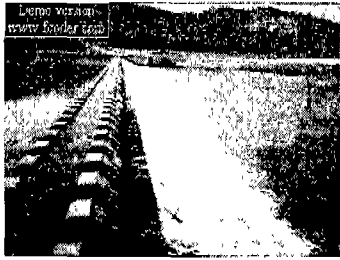


그림 1. 계단형 4단

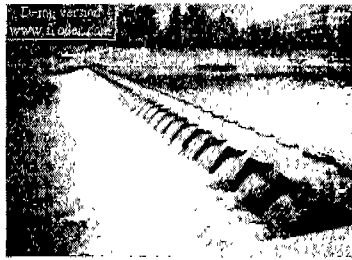


그림 2. 계단형 2단

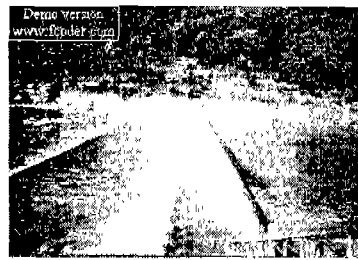


그림 3. 계단형 1단



그림 4. 콘크리트 고정보

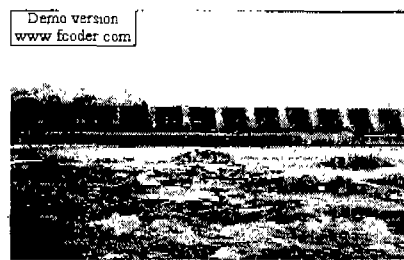


그림 5. 철제형 보

그림 1, 2 및 3은 고정보이기는 하지만 보 하류단 율류 형태를 계단형으로 취함으로써 많은 양의 기포가 혼입되어 수질을 개선시키는 효과를 지니고 있다. 그림 4는 단순형의 콘크리트 고정보로써 흐름의 정체를 가속시켜 수질악화를 야기시키며, 그림 5는 철제형 보이지만 유량이 많을 경우 철제를 도복시켜 흐름을 overflow 시키거나, 또는 철제 일부분을 상승시켜 흐름을 underflow 시키고 있다. 따라서 각 보의 형태에 따라 수질개선 효과가 다를 것으로 판단되어 이들 구조물을 선정하였다.

3. 여울에서의 기포유입

기포유입에 의한 수질개선 효과는 여울에서 많이 관찰된다. 특히 유속이 비교적 빨라 급여울이 형성되는 지점으로서, 주로 하상경사가 비교적 급하며 수심이 낮고 하상입경이 큰 바위와 자갈과 모래가 형성되는 지점에서는 여울 전체구간에서 기포가 형성된다.

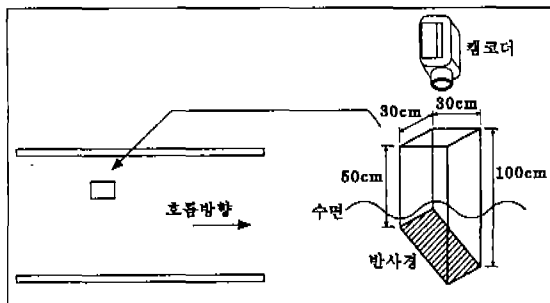


그림 6. 현지 기포유입 측정 시설

현지 측정시 여울의 기포발생을 확인하기 위해 캠코더를 사용하였으며, 수중 촬영을 하기 위해 그림 6과 같이 아크릴 box를 제작하였다. 아크릴 box의 바닥 면에는 반사용 거울을 부착하고, box 내부에 캠코더를 설치하였다(김진홍, 2000).

기포유입에 관한 흐름 특성을 분석해 보면 기포유입은 하상 입경의 trailing edge에서 흐름의

분리에 의해 발생되며 흐름 방향과 더불어 기포가 성장한다. 이후 기포는 윗 방향으로 이동하면서 수면 근처에서 깨어진다. 기포가 깨어짐으로써 수중에는 많은 용존산소가 저장되고 이는 하천생태계 특히 어류의 서식에 중요한 영향을 미친다. 기포 발생은 주로 굽은 하상입경의 직하류부에서, 특히 수면차가 큰 곳에서 많이 발생된다. 기포는 굽은 하상입경의 직하류부에서 수면차가 큰 곳에서 도수가 발생되면서 보다 더 많이 유입되고 있다. 기포발생은 하상입경의 크기 및 유량증가에 비례하며, 입자형상에도 관계가 있음을 알 수 있다. 즉, 모가 난 형상일수록 기포발생이 잘 이루어진다.

4. 시료 채취 및 수질 측정

2절에서 선정된 4가지 보에 대해서, 계단형 4단을 1번 보, 계단형 2단을 2번 보, 계단형 1단(고무보)를 3번 보, 그리고 콘크리트 고정보를 4번 보 및 철제보를 5번 보로 하여 각 계단 형상에 따른 수질개선 효과를 검토하기 위하여 시료를 채취하고, 수질을 측정하였다(그림 7참조). 수질개선 효과는 각각 보 상류와 하류의 여러 지점에서 시료를 채수하여, 상·하류의 수질을 비교하여 이들 값의 차이를 표시함으로써 정량적으로 나타내도록 하였다.

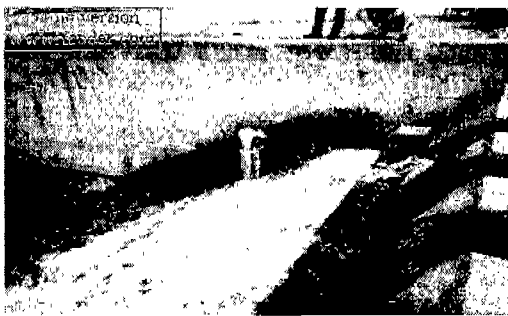


그림 7. 채수 모습

수질개선 효과를 서로 정량적으로 비교하기 위해서는 상기 언급한 4가지 보 상류의 수질 특성이 가능하면 서로 같아야 한다. 또한 상류에서 채수한 시료의 측정치는 흐름이 보를 통하여 하류로 이동한 지점에서의 측정치와 비교되어야 한다. 따라서 보 상류의 채수 지점을 많이 선택하여 이들 지점에서 모두 수질 측정을 함으로써 비교적 같은 값이 나오는 측정치를 선택하였다.

다음 표는 3차례에 걸쳐 5개 지점의 보에서 측정한 수질 결과치를 나타내고 있다. 이들 측정치를 보면 보 상류에서의 특성이 서로 달라 정량적인 비교가 불가능하다.

표 1. 제 1차 실험

수질 보	DO		COD		T-N		T-P		SS		pH	
	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류
NO.1	6.50	8.75	12.25	9.20	16.30	3.20	0.38	0.28	27.6	28.0	7.702	7.630
NO.2	6.80	8.40	15.10	9.25	9.20	3.10	0.50	0.32	30.8	32.5	7.890	8.150
NO.3	7.20	8.00	12.00	14.10	5.35	4.30	0.20	0.23	30.7	31.1	8.075	8.120
NO.4	7.25	7.45	14.05	15.10	6.25	5.15	0.28	0.48	30.0	33.3	8.130	7.947
NO.5	7.40	7.35	13.10	11.00	7.35	5.95	0.58	0.43	32.0	32.4	7.884	7.928

표 2. 제 2차 실험

수질 보	DO		COD		T-N		T-P		SS		pH	
	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류
NO.1	6.51	8.85	12.12	9.12	16.38	3.25	0.40	0.27	28.5	28.6	7.636	7.642
NO.2	6.68	8.55	15.05	9.04	9.34	3.02	0.47	0.31	31.5	32.5	7.894	8.126
NO.3	7.07	8.16	12.05	14.02	9.30	3.27	0.23	0.21	31.0	30.7	8.090	8.122
NO.4	7.64	7.56	14.03	15.84	6.21	5.27	0.33	0.50	30.2	32.9	8.164	7.896
NO.5	7.36	7.36	13.10	10.34	7.30	5.47	0.55	0.44	31.9	32.7	7.871	7.920

표 3. 제 3차 실험

수질 보	DO		COD		T-N		T-P		SS		pH	
	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류
NO.1	6.35	8.95	12.10	9.15	16.45	3.25	0.42	0.24	28.5	29.5	7.602	7.648
NO.2	6.60	8.65	15.05	9.05	9.40	3.05	0.50	0.35	32.3	33.0	7.897	8.125
NO.3	7.00	8.30	12.10	14.95	9.20	3.30	0.26	0.29	30.8	30.5	8.125	8.130
NO.4	7.75	7.90	14.03	15.15	6.18	5.25	0.37	0.55	30.5	32.5	8.190	7.799
NO.5	7.20	7.30	13.20	10.80	7.25	5.83	0.49	0.40	31.8	33.0	7.845	7.920

따라서 정량적인 비교·검토를 하기 위해 4차 실험을 통해 5개 보의 상류 여러 지점에서 측정
한 수질 결과치 중 비교적 서로 비슷한 결과치만 선정하였으며, 이들 결과는 다음 표와 같다.

표 4. 제 4차 실험

수질 보	DO		COD		T-N		T-P		SS		pH	
	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류	상류	하류
NO.1	6.51	8.85	14.82	12.12	10.38	9.25	0.40	0.27	28.5	28.6	7.636	7.642
NO.2	6.58	8.55	14.85	13.04	10.34	9.02	0.47	0.31	31.5	32.5	7.894	8.126
NO.3	6.57	7.16	14.79	13.02	10.30	10.27	0.23	0.21	31.0	30.7	8.090	8.122
NO.4	6.54	6.56	14.83	14.84	10.21	10.27	0.33	0.50	30.2	32.9	8.164	7.896
NO.5	6.56	6.36	14.80	13.34	10.30	10.47	0.55	0.44	31.9	32.7	7.871	7.920

5. 보의 형태에 따른 수질개선 효과 검토

제 4차 실험에 의한 수질 측정치를 도표화하면 아래 그림과 같다.

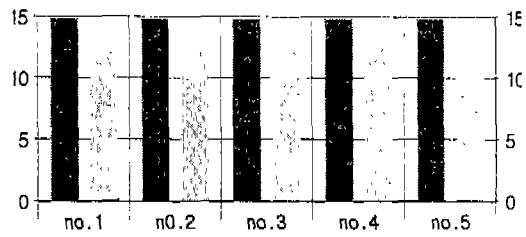
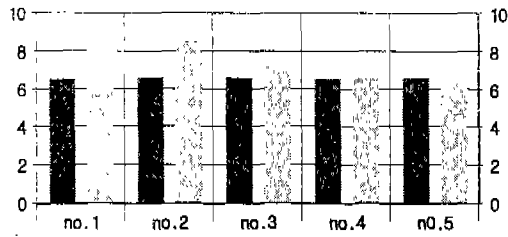


그림 8. 보의 계단형상에 따른 DO 효율 변화 그림 9. 보의 계단 형상에 따른 COD 효율 변화

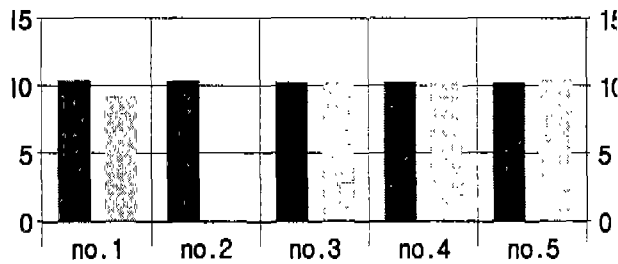


그림 10. 보의 계단 형상에 따른 T-N 효율 변화

앞의 효율 그래프에서 각각의 첫 번째 막대는 보의 상류, 두 번째 막대는 보의 하류를 나타내고 있다. 자료값과 그래프에서 보는 바와 같이 NO.1 보가 가장 각각의 수치에 대해 가장 효율이 높은 것으로 나타났다. DO의 수치는 올라갔고 COD의 수치는 내려갔다. 또한 부영양화를 방지하기 위한 질소의 제거 효율도 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 특히 공기혼입 이른의 입장에서 보았을 때 DO의 수치가 가장 중요하다고 할 수 있으며, 따라서 상기 그래프를 통해 보의 형상에 따른 정화 효과를 파악할 수 있다.

한편 SS는 모든 보의 하류에서 측정된 값이 상류에서 측정된 값보다 크게 나타났다. 이는 보의 하류에서 도수에 의해 하상입자가 바닥에서 이탈되어 일시적으로 수중에서 부유하기 때문인 것으로 파악된다.

상기 결과를 종합적으로 검토하면, 수질정화 효과는 계단식보가 고정정보다 효율적이며, underflow형보다는 overflow형이 정화효과가 좋고, 계단형 보에서는 계단의 수가 많을 수록 정화 효과가 증가됨을 알 수 있다. 따라서 보와 낙차공의 수질개선 효과를 높이기 위해서는 이들 구조물의 형태를 계단형으로 하되, 현지 여건이 허락하는 한 계단 수를 많게 하는 것이 효과적이다.

6. 맺음말

본 연구는 수질개선에 효율적인 하천 보의 적정 형태를 결정하기 위한 기초 단계로서 어떤 형태의 보가 수질개선에 효과적인지 현지조사를 통해 밝히는 것을 목적으로 하였다. 흐름이 정체되어 있는 보를 대상으로 구조물 상류부와 하류부에서 구조물의 형태에 따른 수질개선 상태를 조사

하였으며, 어떤 형태의 보가 수질개선에 가장 효율적인지 정량적인 분석을 실시하였다.

조사 대상지점으로 탄천의 계단형 보 3곳과 안성천의 2곳을 택하였으며, 탄천의 보는 계단형 4단, 계단형 2단 및 계단형 1단이고, 안성천의 보는 철타보와 콘크리트 고정보를 택하였다.

현지조사 결과 수질정화 효과는 계단식보가 고정정보보다 효율적이며, underflow형보다는 overflow형이 정화효과가 좋고, 계단형 보에서는 계단의 수가 많을 수록 정화효과가 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 보와 낙차공의 수질개선 효과를 높이기 위해서는 이들 구조물의 형태별 계단형으로 하되, 현지 여건이 허락하는 한 계단 수를 많게 하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김진홍 (2000), "하천 어류 서식처의 수리특성 연구", *환경과학 연구*, Vol.11, No.2 pp.105~115.
2. 이홍식, 김진홍 (1999), "기포여울 흐름특성의 현지조사", *대한토목학회학술발표회 논문집*, pp. 315~318.
3. Chanson, H.(1993). "Self-aerated flows on chute and spillways", *Journal of the Hydraulic Division, American Society of Civil Engineers*, Vol.119, No.2, pp.220~243.
4. Henry, T.(1985), "Air-water flow in hydraulic structures", *A Water Resources Technical Publication, Engineering Monograph, 41*, pp.251~285.
5. Itakura, T. and Kishi, T.(1980). "Open channel flow with suspended sediments", *Journal of the Hydraulic Division, American Society of Civil Engineers*, Vol.106, No.8, pp.1345~1352.