

고무보의 효율적인 제작, 설치 및 수질정화 방안

김진홍*, 심명필**, 장석환***

1. 서론

최근들어 수자원 부족에 대한 심각한 인식과 함께 수자원 확보에 대한 관심과 연구가 증가되고 있다. 국가 물부족 위기를 기술개발로 극복하기 위해서 '수자원의 지속적 확보기술개발사업'이 현재 추진 중이다. 수자원을 확보하기 위해서 보의 증고방안이 검토되고 있으며, 고무보는 치수기능에 지장을 주지 않으면서 보를 증고함으로써 수자원을 확보할 수 있는 효율적인 구조물이라 할 수 있다.

고무보가 하천에 설치되면 흐름을 차단함으로써 수질악화의 우려성이 제기될 수 있다. 따라서 고무보를 월류할 때 폭기에 의한 용존산소를 증가시킴으로써 수질정화를 유도할 수 있는 방안이라든지, 고무보 상류 하단부에 퇴적된 토사, 저류수를 방류할 수 있는 방안 등을 고려하여야 한다.

본 연구에서는 수자원의 확보를 위해 하천에 제작, 설치하고 있는 고무보의 설치 및 수질정화방안에 대해 현 기술의 현황을 살펴보고, 선진국의 기술과 비교하여 대책을 짚어보고자 한다.

2. 고무보의 특성

고무보는 기복형 가동보의 일종이며 일반적으로 하천을 횡단하여 설치되는 것이 보통이고, 일정수위를 설정하여 수위에 달하면 자동으로 도복된다는 것 때문에 크게 각광을 받고 있다(심명필, 2000). 고무보는 콘크리트 기초상판 위에 얇은 2겹의 특수합성 고무판을 설치하고 공기를 튜브내에 주입하여 튜브를 팽창시켜 보를 형성하며 콘크리트 기초위에 anchor되어 설치되고 금속판체에 의해 고정시켜 사용한다. 또한 고무보는 설치하기가 쉽고 유지관리가 거의 필요 없으며 빠르고 손쉽게 고무본체를 수축, 팽창시킬 수 있으므로, 홍수조절이 가능하다는 장점을 갖고 있다.

일반적으로 국내에 알려진 고무보는 다음과 같은 특성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(유일기연, 2001).

1) 안전하고 신속한 기동성

- 고무본체의 빠른 수축, 팽창으로 평상시에는 이수 용도로 물을 가두고 있다가 홍수시에는 빠르게 고무본체를 바닥에 가라앉게 하여 흐름을 방해하지 않으므로 제방의 범람이나 배수영향에 의한 홍수피해의 경감이 가능하다.

2) 하류 자정효과

- 고무보는 주기적으로 보를 가라앉게 함으로 하층류의 오염을 막고 낙차 발생시 공기주입 여건이 나아지게 되어 하류 수질정화에도 많은 도움을 줄 수 있다.

* 중앙대학교 토목공학과, 부교수

** 인하대학교 토목공학과, 교수

*** 대진대학교 토목공학과, 조교수

3) 준설 불필요

- 콘크리트보는 고정식 구조물로 퇴적이 불가피하게 되나 고무보는 홍수시 도복에 의해 고무보를 가라앉힘으로 퇴적토사를 하류로 흘러 보내기 때문에 별도로 퇴사를 준설할 필요가 없다.

4) 저수용량 증대 수단

- 중소규모 댐의 여수로 상단에 고무보를 설치할 경우 저수용량을 증대할 수 있어 수자원의 추가적인 확보에 도움을 줄 수 있으며, 홍수시 고무보가 도복되므로 고무보로 인한 저수지의 수위상승이나 배수영향의 위험은 없다.

5) 환경친화적인 특성

- 고무보는 제방이 위치한 강 전면에 따라 설치할 수 있고 필요치 않을 때는 공기를 뺀 상태로 들 수 있어 접근도 쉽고 경관을 해치는 일도 적다.

- 고무보의 설치는 하천에 최소한의 공사만 필요하므로 환경이나 생태계에 변화를 거의 주지 않는 편이다.

- 수명이 다하거나 사정에 의하여 보를 제거할 필요가 있을 경우에는 콘크리트 보나 댐과는 달리 고무보의 제거가 훨씬 쉬우며, 하천의 원래 모습으로 복원하기가 간단하다.

- 보를 도복시켜 하상과 같아지게 계획할 경우 어류의 상·하류 이동이 가능하게 되어 하천 생태계 이동에 미치는 영향이 적다.

그림 1은 고무보의 구조를 나타내고 있다.

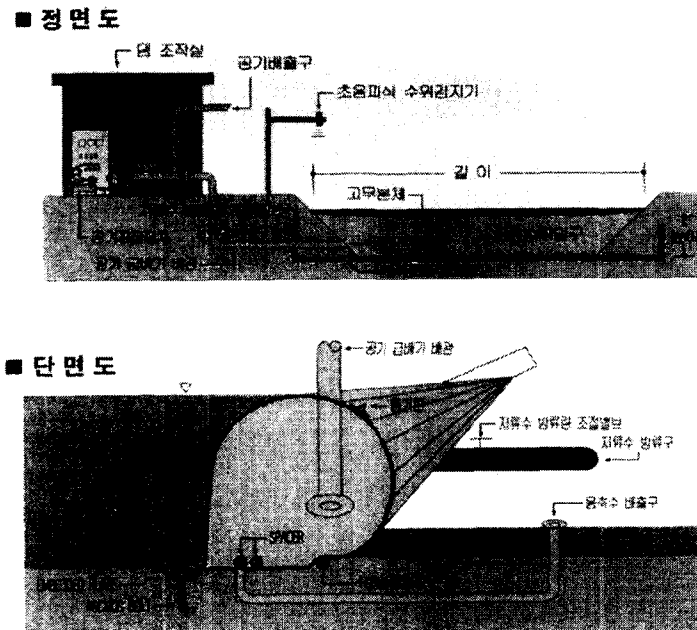


그림 1. 고무보의 구조

3. 국외 고무보의 특성

국외 선진국에서는 주로 일본에서 고무보를 개발, 설치하고 있다. 현재 일본의 Sumitomo와

Bridgestone 두 회사가 세계 신축 고무보의 대부분을 만들고 있다(심명필, 2000). 일반적으로 두께가 1/6~5/8 인치이고 두 겹에서 세 겹의 나일론으로 된 클로로프렌(chloroprene) 고무 복합체로 이루어져 있다. 높이가 4.8m 이하, 길이가 120m, 두께가 0.4~1인치에 달하고 에틸렌 프로필렌 단량체로 집적되고 두 겹에서 다섯 겹의 나일론으로 보강된 고무로 만들어진다. 월류상태 동안에 부착된 지느러미(fin)가 댐의 하류측으로 물을 편향시켜 넘어가도록 하고 파동을 감소시킨다.

일본에서 개발된 고무보의 특성을 언급하면 다음과 같다.

1) 기립, 도복 조작성이 확실하다.

- 고무보의 기립, 도복기능은 조작기구가 간단하고 조작성의 신뢰성이 높다. 따라서 구동부의 고장에 의한 기구조작 불능에 따른 홍수시의 2차재해를 방지할 수 있다.

2) 퇴적토사에 강한 유연성

- 고무보는 하류측에 퇴적토사가 있어도 고무보의 유연성 때문에 도복이 가능하다. 철제 문비의 경우 퇴적토사에 의한 도복이 불가능할 경우가 있다.

3) 뛰어난 내진성과 부등침하에 대한 대응성

- 고무보의 중량이 가볍고, 유연성이 있으므로 내진성이 강하고 부등침하에도 대응성이 높다.

4) 다양한 법면 경사에 대응 가능하다.

- 철제 문비의 경우 보 지점에서 직사각형이 아니면 설치 불가능하지만, 고무보는 어떤 법면 경사에도 설치 가능하다.

5) 장대 span이 가능하다.

- 고무보는 pier 없이 장대 span을 설치할 수 있지만, 철제문비의 경우 장대 span으로 설치할 경우 15~30cm의 간격으로 pier를 설치하여야 한다.

6) 유지관리 비용이 저렴하다.

- 고무보는 동력, 송풍기 정도에만 주유를 실시하면 거의 유지관리 비용이 소요되지 않는다.

7) 뛰어난 내구성

- 고압 프레스가공(온도; 약 150° C, 면압; 2.94MPa)에 의해 고무보가 만들어지므로 고무와 고무 및 보강섬유와 고무의 점착력을 강하게 하여 종래의 고무보에 비해 뛰어난 내구성을 갖는다.

8) 진동방지 대책

- 고무보의 하류측 말단부에 핀(deflector)구조를 설치하여 월류수의 박리를 고무보의 전방에서 일어나지 않도록 함으로써 흐름과 고무보 사이에 안정된 공기층을 형성시켜 월류에 따른 고무보의 진동을 방지한다.

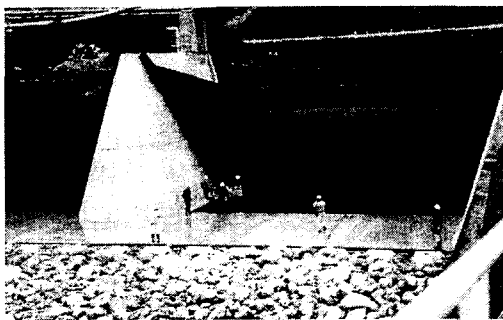


그림 2. 높이 6m의 대형 고무보

지금까지 알려진 가장 높은 고무보는 일본 후쿠시마현 Kurotani River에 있는 수력발전용댐으로 높이가 6m이고, 최근 네델란드의 Ramspol에 높이 8.2m의 댐이 건설예정이다. 고무보의 높이를 증가시키기 위해 아직도 연구를 지속하고 있다. 그림 2는 높이 6m의 고무보 설치 모습을 나타내고 있다(Bridgestone, 2002).

. 고무보의 수질 정화 기능

고무보가 하천에 설치되면 흐름을 차단함으로써 수질악화를 가져온다. 따라서 고무보를 월류할 때 폭기에 의한 용존산소를 증가시킴으로써 수질정화를 유도할 수 있는 방안이라든지, 고무보 상류 하단부에 퇴적된 토사 및 저류수를 방류할 수 있는 방안 등을 고려하여야 한다. 국내.외에서 제작된 고무보의 특성을 검토해 볼 때, 고무보의 수질 정화 기능을 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 통기핀(taper fin, deflector)에 의한 용존산소(DO) 량의 증가

통기핀의 본래 설치목적은 월류수의 박리를 고무보의 전방에서 일어나지 않도록 함으로써 흐름과 고무보 사이에 안정된 공기층을 형성시켜 월류에 따른 고무보의 진동을 방지하기 위함이다. 그러나 통기핀에 의해 흐름의 월류시 낙하하는 흐름을 분산시켜 공기중의 산소를 대량 유입(aeration)시켜 줌으로써 용존산소량을 증가시켜 수질개선 효과를 일으킬 수 있다. 이는 보 하류단의 형상을 계단형으로 하여 폭기를 일으킴으로써 공기 중의 산소가 혼입되어 수질이 개선되는 효과와 유사하다고 할 수 있다. 그림 3은 통기핀에 의한 폭기효과를 나타내고 있으며, 그림 4는 보의 하류단에서의 폭기효과를 나타내고 있다.

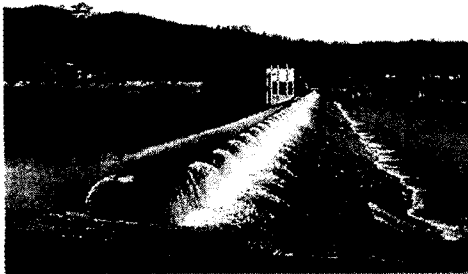


그림 3. 통기핀에 의한 폭기효과



그림 4. 보의 하류단에서의 폭기효과

2) 저류수의 방류시설에 의한 오염 방지

고무보가 설치되면 보 직상류 지점의 저층수는 월류되지 않고 저류되므로 수질오염의 우려가 높다. 따라서 고무보 하단에 저류수 방류시설을 설치하여 하천 바닥에 침전된 슬러지나 침전수를 사이폰 방식에 의하여 하류로 방류시키므로 하천수의 오염을 방지할 수 있다. 그림 1에는 저류수의 방류시설이 표시되어 있다.

3) 산기(폭기)장치 설치

보의 설치로 인하여 발생하는 각종 슬러지는 보의 직상류 지역의 수질오염을 유발하게 되며, 이를 방지하기 위해서는 산기장치를 설치하여 해결할 수 있다. 산기장치는 슬러지를 부상시켜 하류로 월류시키므로 수질오염을 방지할 수 있으며, 또한 수중에 공기(산소)를 공급하여 보의 하류 지역의 산소량을 증가시켜 주는 효과가 있다. 그리고 산기장치에 의해 고무보 상류쪽의 물을 순환시켜 담수로 인한 오염(부패)을 방지할 수 있다.

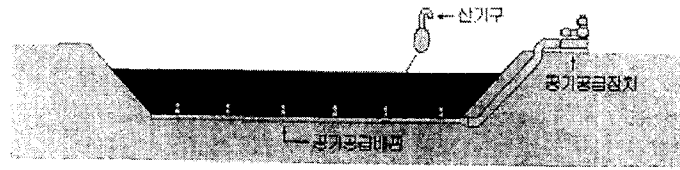


그림 4. 산기장치

5. 고무보의 제작기술 현황

현재 국내에서 제작된 고무보는 다음과 같은 면에서 몇가지 취약점이 있다.

1) 핀의 설치기술이 취약하다.

- 일본에서는 핀을 고무보와 일체화시켜 제작하는데 반해 국내의 고무 제작업체에서는 고무보 본체를 제작한 후 핀을 나중에 접착시키는 공법을 채택하고 있다. 그 결과 핀이 고무보 본체에 완전히 접착되지 못해, 수 년 경과하면 취약부분에서 핀이 떨어지는 경우가 가끔 발생된다. 핀이 떨어지면 고무보 본체의 진동으로 말미암아 안정성을 잃을 수가 있다. 따라서 핀을 고무보와 일체화시킬 수 있는 공법을 개발하든지, 혹은 핀 접착기술을 개선시켜 고무보에서 핀이 떨어지지 않도록 해야 한다.

2) 고무보의 제작 기술을 개선시킬 여지가 있다.

- 우리나라 고무 제작업체에서는 고무를 말아서 고무보를 제작하고 있다. 그 결과 고무보 하류측 끝단은 약간 풍선 형상이 생기게 된다. 따라서 고무보의 공기를 완전히 배기시켜도 끝단은 풍선 형태로 인해, 물이 월류하게 되면 끝단 지점에서 와류 발생시 진동이 발생될 우려가 있고 따라서 고무보 본체의 안정성이 저하될 우려가 있다. 반면, 외국의 고무업체는 고무판을 프레스 가공에 의해 접착시키기 때문에 이런 문제가 발생되지 않는다.

3) 고무보의 설치 높이가 제한되어 있다.

- 국내의 고무 제작업체에서는 보강포를 2겹 정도로 보강하여 고무보를 제작하고 있다. 반면 외국 업체에서는 프레스 가공에 의해 보강포를 6~7겹 정도 보강하고 있다. 그 결과 우리나라 고무보의 설치 높이는 2.5m가 제한 높이로 되어 있다. 반면에 외국 고무보는 6m까지 설치 가능하며, 최근에는 7~8m까지 설치할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

상기 문제점을 개선시키는데 기술적으로 큰 어려움은 없는 것으로 판단된다. 정부에서나 고무 제작업체에서 의지를 가지고 기술개발에 조금이라도 예산을 투자한다면 이 문제는 쉽게 해결될 수 있을 것으로 생각된다.

6. 고무보의 효율적인 수질정화 방안

고무보를 설치하게 되면 흐름의 차단 및 저류에 의해 수질악화를 가져온다. 따라서 가능하면 수자원 확보를 위한 이수기능에 수질정화 기능을 첨가시키는 것이 바람직하다. 선진국에서는 하천의 수질이 우리보다는 비교적 좋으므로 고무보의 수질정화 기능을 고려하지 않고 있다. 고무보의 수질정화 기능을 효율적으로 하기 위해서는 다음과 같은 몇가지 사항을 생각할 수 있다.

1) 통기핀의 수질정화 기능을 보강하여야 한다.

- 통기핀에 의해 흐름의 월류시 낙하하는 흐름을 분산시켜 공기중의 산소를 대량 유입

(aeration)시켜 줌으로써 용존산소량을 증가시켜 수질개선 효과를 일으켜야 한다. 따라서 이를 위해서는 월류흐름을 가능하면 분산시켜야 하며, 이를 충족시키기 위해서는 통기판의 적정 규모, 형상, 배치간격을 고려하여야 한다. 통기판의 형상은 흐름이 분산될 수 있도록 직선형보다는 삼각형이나 오각형 등이 바람직할 것으로 판단된다. 통기판의 적정형상, 규모 배치간격 등은 수리실험을 통해 결정하는 것이 바람직하다.

2) 통기판의 설치는 다단형으로 하는 것이 바람직하다.

- 통기판은 현재 1단으로 설치하고 있다. 만약 통기판을 2단 또는 3단과 같이 다단형으로 설치하면 그만큼 수질개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이 경우 시공성에 문제가 될 수지가 있다. 또한 통기판을 다단형으로 설치할 경우의 수리적 안정성 등도 고려하여야 한다. 따라서 시공성과 경제성 및 수리적 안정성을 충분히 고려하여 통기판의 설치를 다단형으로 설치하는 문제를 검토하는 것이 필요하다.

3) 고무보의 형상은 다양한 것이 바람직하다.

- 고무보의 설치높이가 높을 경우 고무보의 형상은 계단형 또는 수질개선 효과를 얻을 수 있는 다양한 형상을 갖추는 것이 수질개선 효과에 바람직하다. 이들 형상은 수리실험을 통해서 가능할 것이다.

4) 고무보 상류 하단부에 퇴적된 토사 또는 저류수를 배출할 수 있도록 한다.

- 고무보 하단에 저류수 방류시설 및 산기장치를 효율적으로 설치하여 하천 바닥에 침전된 슬러지나 침전수를 배출시킬 수 있도록 적정 공법을 채택하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 21C 프론티어 연구개발사업 '수자원의 지속적 확보기술개발' 연구용역 결과의 일부로서 지원해 주신 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에 감사를 드립니다. 또한 자료를 제공해주신 (주)유일기연과 (주)Bridgestone에 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

1. 심명필, 2000, 고무보의 다양한 이용, 대한토목학회지 제48권제4호 통권240호. pp.23-29.
2. 유일기연, 2001, 환경을 먼저 생각하는 고무보.
3. Bridgestone, 2002, Introduction to Bridgestone Rubber Dam.
4. ゴム引布製起伏堰技術基準(案), 2000. (財)日本國土開發技術研究センター, 建設省河川局治水課 監修, 山海堂, pp.9-11.