

수변 보 구조물의 설계 방법

Overview of the Design Methodology for Weir Structures



정우영(Jung, Woo-Young) | 강릉원주대학교 토목공학과 교수 | wojung@gwnu.ac.kr
 김재상(Kim, Jae-Sang) | 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 | vans0001@naver.com

1. 배경 및 필요성

전 세계적인 지구 온난화에 따른 이상기후는 각국에 집중호우와 홍수해의 빈도를 급격히 증가시키고 있으며, 우리나라 역시 도시화 산업화로 인한 재해환경 변화와 이상기후로 인해 발생하는 대형 태풍, 집중호우홍수 등 자연재해로 주요 시설물의 파괴 및 관련 산업·사회의 인적·물적 피해가 지속적으로 발생하고 있다. (최근 10년간 발생한 2조원의 재산피해액 중 공공 주요시설물 피해액이 전체의 71%를 차지하고 있어 이에 대한 대책이 시급함. 특히, 1·2종 규모 이하의 소규모 공공시설 피해가 17.4%에 이룸.) 대부분의 수변구조물은 공공성을 기초로 개발되고 있으며 기후변화로 인해 증가되는 구조물의 위험도를 정량적으로 해석할 수 있는 기술 개발은 국가 차원에서 개발하여 수변구조물이 제 역할을 할 수 있도록 유지관리가 필요하다.

- 2010재해연보(소방방재청)에 의하면 공공시설 자체에 대한 피해규모가 48.7%로서 가장 크며, 주택/농경지 등 기타 시설물의 경우 역시 공공시설물의 물리적 붕괴 또는 기능상실에 의한 2·3차 피해로 확산되는 결과를 초래하는 경우가 대부분이기 때

문에 공공시설물의 관리책임이 있는 정부에서 수방재 분야의 연구개발이 시급한 상황임.



그림 1. 재해건수 증가 추이

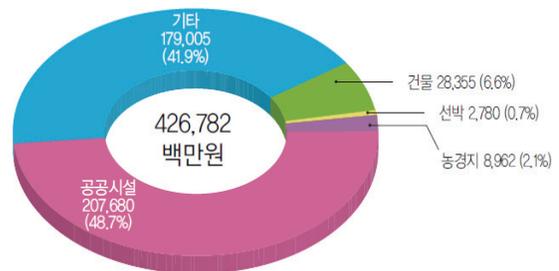


그림 2. 시설물별 재산피해 현황(2010년)

수변구조물의 Risk 정보제공을 위한 실시간 안전도 평가 시스템을 구축함으로써 태풍, 호우 및 지진 등에 대한 수변구조물의 피해에 대한 대처 및 피해저감에 대

한 우위기술 확보가 가능하다. 그리고 국민들이 가지고 있는 수변구조물의 안전성에 대해 막연한 두려움을 해소하기 위한 대응책이나 감시 체계 필요하다. 이를 위해 국토해양부는 ‘함께하는 성장, 세계를 선도하는 일류국가 실현’을 정책목표로 내걸고 국민의 행복과 지속 가능한 성장을 위한 녹색성장 및 국토해양산업 선진화를 포함한 중점과제를 선정하여 추진 중이며, 건설산업의 낭비요인을 과감히 줄이고 각 요소 기술간의 융합이나 체계적인 시스템의 구축은 필수불가결한 요소로 판단된다. 또한, 4대강 사업으로 수변 보 구조물이 증가했고, 이에 대한 구조물의 안정성을 평가할 필요가 많아지고 있다. 따라서 추후 수변 보 구조물의 내진설계기준 조사 및 내진성능평가를 위해 수변 보 구조물의 설계에 대해 조사하였다.

※ 수변구조물의 정의 : 댐 및 저수지, 하천 등 물에 인접한 사회기반시설물로서의 구조물

2. 수변 보 구조물의 설계

- 보(weir)는 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이거나, 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 하천구조물로서 제방 기능을 갖지 않는 시설이다. 한편, 일반적으로 보는 하천의 수위를 조절하는 경우에 주로 사용되며 유량을 조절하는 기능은 적지만 최근에는 유량을 조절하는 보가 점차 증가되고 있다.
- 보와 댐의 구분이 모호해지고 있으나 다음 조건을 만족하는 경우를 보로 분류한다.

- 기초지반에서 고정부 보마루까지의 높이가 15m 이하인 경우
- 유수 저류에 의한 유량조절을 목적으로 하지 않는 경우
- 양끝 부분을 제방이나 하안에 고정시키는 경우

- 보는 구조에 따라서 고정보와 가동보로 구분되며 이 중 고정보는 낙차공과 형태가 비슷하여 쉽게 구별할 수 없는 경우가 있으나 낙차공은 하상안정을 위해 설치되므로 고정보보다 낮게 설치되는 것이 일반적이므로 규모에 의해 판별할 수 있다.
- 가동보와 수문의 구분은 제방의 기능을 갖고 있는가 여부에 따라 결정된다. 제방의 기능을 가지는 것은 수문이며, 그렇지 않은 것은 가동보이다.

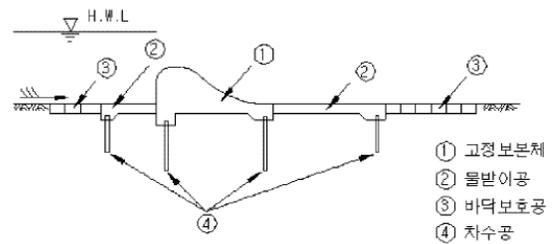


그림 3. 고정보의 구조 (측면도)

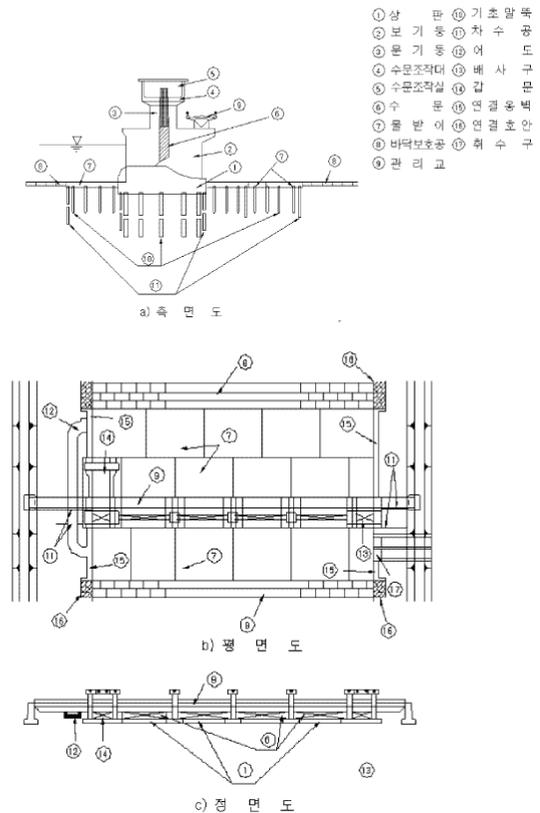


그림 4. 인양식 수문 가동보의 구조 (측면도, 평면도, 정면도)

(1) 설치위치의 선정

보의 위치는 설치목적, 환경성, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 고려하여 가장 유리한 지점을 선정한다.

- 용수공급지에 도수하는데 필요한 취수위가 확보되고, 유수의 주된 흐름이 취수구에 가까워야 하며 하안이 안정되어 있고, 하천 수로가 직선상태로 유속의 변화가 적어 유수의 의한 하상변화가 작은 지점
- 상하류의 영향이 작은 지점
- 기초지반이 양호한 지점
- 구조상 안전하고 공사비가 적은 지점
- 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점
- 유지관리가 용이한 지점

(2) 고정보

- 고정보의 본체는 일반적으로 콘크리트 구조로 하지만 자연재료를 활용한 다양한 구조를 채택할 수 있으며, 하상변동이 심한 장소에서는 하천관리상 돌망태 또는 콘크리트 블록구조 등 굴요성이 있는 구조가 적당할 때도 있다.
- 고정보의 위 폭(B)과 아래 폭(b)은 다음과 같은 블라이(Bligh) 공식(Khosla 등, 1954)을 이용하여 결정할 수 있다.

$$\text{위 폭}(B) = \frac{h_1}{\sqrt{\gamma}} \tag{1}$$

$$\text{아래 폭}(b) = \frac{(H + h_1 + d)}{\sqrt{\gamma}} \tag{2}$$

여기서, γ 는 콘크리트의 비중(보통 2.3), H는 보의 높이(m), h_1 은 보 정상 최대월류 수심(m), d는 접근유속 수두(m)를 각각 나타낸다.

- 고정보의 월류부에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도한다.

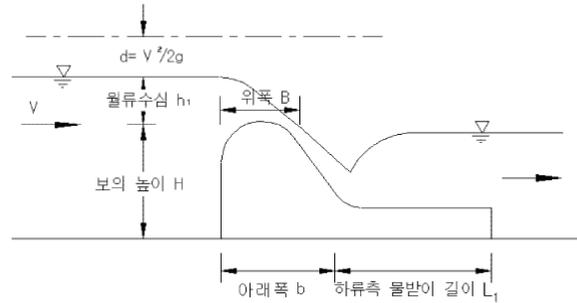


그림 5. 고정보의 단면

■ 물받이

- 물받이는 월류에 의한 보 상하류의 세굴을 방지하기 위하여 설치하며, 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.
- 보의 직하류는 월류하는 강한 흐름에 의해서 하류 하상이 심한 침식작용을 받게 되는데 이러한 침식작용으로부터 보를 보호하기 위해 물받이를 설치하며 보통 철근 콘크리트구조로 하지만 사석을 활용한 여울형상, 돌붙임형상을 고려할 수 있다.
- 물받이의 파괴는 물받이 길이의 부족으로 인해서 발생하는 경우가 많다. 그 판단의 범위가 넓고 같은 조건에서도 큰 오차가 생길 수 있다. 하류측 물받이 길이 설계는 블라이(Bligh) 공식 또는 건설부 국립건설시험소에서 제안한 다음의 공식(건설부 국립건설시험소, 1991)을 이용한다.

① 블라이 공식

$$L_1 = 0.6 \cdot C \cdot \sqrt{H_a} \tag{3}$$

여기서, L1은 하류측 물받이 길이(m), H_a 는 하류측 물받이 상판에서 보마루까지의 높이(m), 배사구나 가동보의 경우는 수문 마루까지의 높이(m)이고, C는 블라이 계수이다.

표 1. 블라이 계수

하상토의 상태	블라이 계수
극미립사 또는 이토(0.1~0.005mm)	18
가는 모래(0.25~0.1mm)	15
굵은 모래(1.00~0.5mm)	12
자갈과 모래의 혼합	9
호박돌, 자갈	4~6

② 국립건설시험소 공식

$$L_1 = 4.05 \cdot H^{0.316} \cdot q^{0.514} \cdot D_{50}^{0.325} \quad (4)$$

여기서, L_1 은 물받이 길이(m), H 는 보마루 표고부터 물받이 상단표고까지 높이(m), q 는 단위폭당 유량(m/sec/m), 그리고 D_{50} 는 하상토사의 중앙입경(D_{50} 은 50% 통과입경)이다.

- 하류측 물받이의 두께는 다음의 식으로 결정한다.

$$T = \frac{4 \cdot (\Delta h - h_f)}{3 \cdot (r - 1)} \quad (5)$$

여기서, T 는 물받이의 두께(m), γ 는 물받이 재료의 비중, Δh 는 상하류의 수위차(m), 그리고 h_f 는 손실수두(m)이다.

- 하류측 물받이 상판에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도한다.

■ 바닥보호공

- 직류하천의 바닥보호공의 길이는 블라이 공식을 사용하여 산정한다. (< 그림 @> 참조).

$$L_2 = 0.66C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{1/2} - L_1 \quad (6)$$

여기서, f 는 안전율 (가동보 = 1.5, 고정보 = 1.0)이다.

- 만곡하천의 경우에도 블라이 공식을 사용하여 바닥보호공의 길이를 산정한다. 단, 만곡하천의 경우 이차류(secondary flow)등에 의해 흐름이 매우 복잡하기 때문에 충분한 안전율을 고려해야 한다.

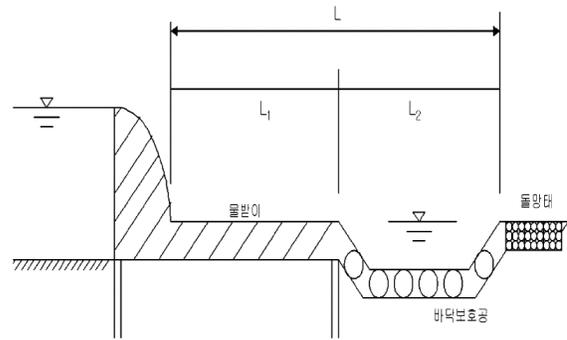


그림 6. 바닥보호공의 길이

(3) 가동보

- 보의 가동부 전체길이가 30m 미만인 보에서 계획홍수량이 500m³/s 미만일 경우에는 가동부의 경간 길이를 12.5m 이상으로 할 수 있다.
- 높이가 2m 이하이고 가동부가 전도식인 경우에는 위의 해당하는 경우를 제외하고 문짝의 종길이와 횡길이의 비를 1/10이상 (15m 미만일 경우에는 15m)으로 할 수 있다.
- 배사구의 기능을 가진 가동부에 있어서 계획홍수량이 2,000m³/s 이상인 경우는 <표2>의 값의 1/2 이상 (15m 미만일 경우는 15m)으로 할 수 있다. 그리고 계획홍수량 2,000m³/s 이하인 경우는 경간 길이를 12.5m 까지 할 수 있다. 단 보의 전체길이를 평균한 경간길이가 <표 2>의 값보다 작아서는 안된다.

표 2. 계획홍수량과 경간길이

계획홍수량 (m ³ /sec)	경간길이 (m)
500 미만	15
500 이상 2,000 미만	20
2,000 이상 4,000미만	30
4,000 이상	40

- 경간길이 40m 이상일 경우는 유심부 이외의 경간길이를 30m 이상으로 할 수 있다. 단 보의 전체 길이를 평균한 경간길이가 <표2>의 값보다 작아서는 안된다.

- 가동보의 물받이와 바닥보호공은 고정보와 같은 방법으로 설계하되 그 길이는 일반적으로 고정보의 물받이 및 바닥보호공 길이의 50% 정도로 하면 된다.

참고문헌

1. 내진설계기준연구 I (1996)
2. 내진설계기준연구 II (1997)
3. 하천설계기준 2009
4. 건축구조기준 (KBC2009)
5. 댐 설계기준 2011