

하천에서 부유잡목 집적형태에 따른 교각의 여유고 산정

Computation of floating debris accumulation how to intersect by the bridge piers in stream

최계운*, 김주환**, 한만신***, 권용현****

Gye Woon Choi, Joo Hwan Kim, Man Shin Han, Young Hyun Kwon

요 지

홍수 기간 중 부유잡목에 의한 수위상승 원인은 크게 상류부에서 이송되어진 유송잡목에 의한 교량 등의 수공구조물에 집적으로 인한 통수능 부족에 의하여 발생하는 수위상승과 하천내 수공구조물의 부적절한 설계 및 시공으로 인한 수위상승으로 구분되어 진다.

현재 교량의 여유고 산정에 사용되는 홍수위는 통수능을 고려하지 않은, 하천정비계획에 사용되는 홍수위를 적용하고 있으며, 다만 통수능의 확보를 위하여 경간장에 대한 제한을 두고 있을 뿐이다. 중소하천에 위치하는 교량의 경우, 여유고 확보에 대한 기준을 적용함에 있어서 교량이 위치한 하천 단면에서의 통수능의 영향이 고려되어야 유수의 월류에 대한 위험성을 줄일 수 있다. 더욱이 하천설계기준(2005)에서는 고정 홍수량에 의한 여유고 산정치를 제안하고 있을 뿐이기 때문에, 하천설계기준에서 교량과 관련된 여유고도 하상변동과 만곡부에 의한 수위 상승, 유송잡목에 의한 통수능 영향, 계산오차 등을 고려하여 충분한 여유고를 확보하도록 보완할 필요가 있다.

본 연구에서는 부유잡목에 의한 수위상승 원인을 분석을 하고, 이에 따른 수리모형실험을 통하여 부유잡목의 높이/폭(H/B)변화에 의한 수위상승, 부유잡목의 형태별 수위상승, 교각사이 개도비에 따른 수위 상승량을 산정하여 기존의 여유고에 대한 추가적인 여유고를 확보하여 홍수시 통수능을 확보하고자 하였다.

부유잡목의 형태에 따른 수위상승량을 산정하기 위하여 개도비를 70%로 고정한 후, Fr수를 변화시켜 부유잡목의 높이/폭(H/B) 형태에 따라 산정한 결과, 부유잡목이 존재하지 않는 상태에 비하여 부유잡목에 의한 영향으로 인한 수위증가율이 Fr값이 클수록 더욱 크게 나타났으며, 부유잡목이 동일면적인 경우 폭(B)에 비하여 높이(H)가 커질수록 수위 상승이 크게 나타났다.

또한, Fr수 변화에 따른 최고수위 상승율을 구하였을 때, 상류조건에서 $Fr < 0.5$ 인 경우는 기존 여유고에 대하여 최대 10%의 여유고를 추가 확보하며, $0.5 < Fr < 1$ 인 경우는 기존 여유고에 대하여 최대 20%의 여유고를 추가 확보하도록 설계하는 것이 바람직하다.

핵심용어 : 부유잡목, 여유고

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr
** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : sinbi2000@hanmail.net
*** 정회원 · (재)국제도시물정보과학연구원 선임연구원 · E-mail : 8190hansman@hanmail.net
**** 정회원 · 환경관리공단 유역관리처 물환경지원팀 · E-mail: hyun-9206@hanmail.net

1. 서 론

홍수 기간 중 부유잡목에 의한 수위상승 원인은 크게 상류부에서 이송되어진 유송잡목에 의한 교량 등의 수공구조물에 집적으로 인한 통수능 부족에 의하여 발생하는 수위상승과 하천내 수공구조물의 부적절한 설계 및 시공으로 인한 수위상승으로 구분되어 진다.

현재 교량의 여유고 산정에 사용되는 홍수위는 통수능을 고려하지 않은, 하천정비계획에 사용되는 홍수위를 적용하고 있으며, 다만 통수능의 확보를 위하여 경간장에 대한 제한을 두고 있을 뿐이다. 중소하천에 위치하는 교량의 경우, 여유고 확보에 대한 기준을 적용함에 있어서 교량이 위치한 하천 단면에서의 통수능의 영향이 고려되어야 유수의 월류에 대한 위험성을 줄일 수 있다. 더욱이 하천설계기준(2005)에서는 고정 홍수량에 의한 여유고 산정치를 제안하고 있을 뿐이기 때문에, 하천설계기준에서 교량과 관련된 여유고도 하상변동과 만곡부에 의한 수위 상승, 유송잡목에 의한 통수능 영향, 계산오차 등을 고려하여 충분한 여유고를 확보하도록 보완할 필요가 있다.

본 연구에서는 부유잡목에 의한 수위상승 원인을 분석을 하고, 이에 따른 수리모형실험을 통하여 부유잡목의 높이/폭(H/B)변화에 의한 수위상승, 부유잡목의 형태별 수위상승, 교각사이 개도비에 따른 수위 상승량을 산정하여 기존의 여유고에 대한 추가적인 여유고를 확보하여 홍수시 통수능을 확보하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치의 구성

본 연구에서 사용한 실험장치는 총 수로연장 11m, 수로폭 1m인 직선수로를 이용하여 교각을 설치하고 부유잡목의 크기와 Fr수 증가에 의한 수위와 유속변화를 분석하였다. 유량은 펌프 3대를 이용하여 최대 0.142CMS까지 공급가능하며 지하저수조에서 고수조로 옮겨진 뒤 실험에 사용되고 다시 지하저수조로 회수된다.

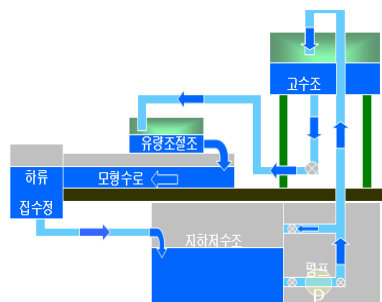


그림 1. 공급유량 모식도



그림 2. 모형수로의 전경

상류경계조건은 고수조로부터 유입된 유량이 유입조의 5개 정류판을 거쳐 안정화되어 수로로 유입된다. 하류경계조건은 수로 하단에 위어를 조절하여 수로 내 일정한 수위를 유지시키도록 하였다. 이로 인하여 수위는 선정된 하천의 축척된 홍수위 16.2cm로 고정하였으며 유량 변화에 따라 유속이 변화하여 다양한 흐름특성 변화를 고려하였다. 그리고 하상의 경우 조도주기 위해 자갈을 사용하였다. 자갈의 입경은 약 2cm이며 비중은 2.69이다.

교각의 축척은 경간장 50cm, 교각의 두께는 경간장의 10%를 고려해 5cm로 결정하였다. 또한 교각을 바닥면에서 고정시켜주는 교각밀판은 폭 100cm 두께 1.5cm 이며, 교각기둥은 길이 50cm로 2개 설치하였다. 교각의 위치는 흐름방향으로 수로의 수위가 측정범위인 400cm이상 일정하게 유지되는 상류로부터 450cm위치에 위치하며 밀판의 흐름영향은 자갈을 5cm높이로 깔아서 해결하였다.

2.2 실험방법

실험 측정 위치는 그림 3과같이 수로 총 길이 11m에서 상류로부터 4.5m위치에 교각을 설치하여 교각 설치위치를 기준으로 상류 측으로 2m, 하류 측으로 2m까지 총 4m지점을 측정하였다. 수위는 표 1과 같이 16개 단면을 수로폭 각 10cm씩 9분할 측정하였으며 최고수위지점인 측정지점 no. 8번 지점의 좌우교각 앞부분을 포함하여 총 146지점이며 유속은 ADV-11000 유속계의 측정 범위에 영향 때문에 9개 단면을 각 5분할하여 45지점을 측정하였다.

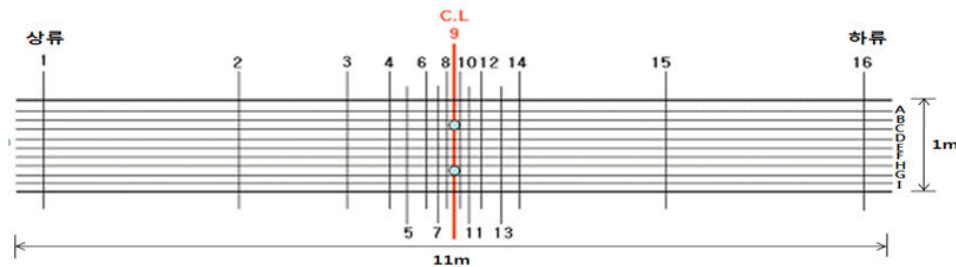


그림 3. 실험 측정 위치

표 1 수위, 유속 측정 지점

지점	상류			지점	하류		
	L/W	수위	유속		L/W	수위	유속
No.1	4.0	○	○	No. 9	0	○	○
No.2	2.0	○	-	No.10	0.05	○	-
No.3	1.0	○	-	No.11	0.1	○	○
No.4	0.6	○	-	No.12	0.2	○	○
No.5	0.4	○	○	No.13	0.4	○	○
No.6	0.2	○	○	No.14	0.5	○	-
No.7	0.1	○	○	No.15	2.0	○	-
No.8	0.05	○	-	No.16	4.0	○	○

3. 부유잡목에 의한 수위상승

3.1 부유잡목의 높이/폭(H/B)변화에 의한 수위상승

본 수리모형실험을 그림 4처럼 개도비 70%로 고정된 상태에서 부유잡목 유, 무에 따른 H/B비 변화로 인한 최대 수위를 측정하였다. 그 결과 부유잡목이 없는 경우에 비하여 부유잡목이 존재하는 경우 최고수위가 최대 15% 증가한 것으로 나타났다.

$$\text{개도비}(\%) = 100 - \frac{\text{부유잡목에 의한 차단면적}}{\text{전체수로 흐름면적}} = 100 - \frac{B \times H \times 2}{W \times h'} \times 100\%$$

실험결과에 의하여 Fr수 변화에 따른 최고 수위 상승률의 관계는 그림 5에서 보는 바와 같이 부유잡목의 동일 면적인 경우 폭(B)에 비하여 높이(H)가 커질수록 수위 상승량이 크게 나타났다.

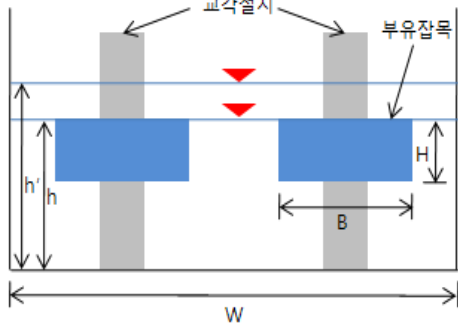


그림 4. 수리모형 실험 개략도

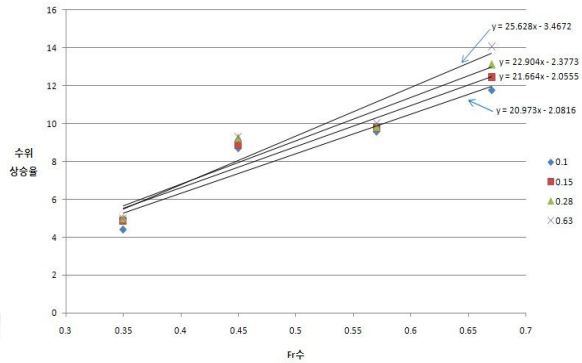


그림 5. Fr수 변화에 따른 H/B별 수위상승률

3.2 부유잡목의 형태별 수위상승

동일 개도비상에서 부유잡목의 형태를 변화시켜 이에 대한 수위상승 정도를 측정하였다. 수위 변화는 Fr 값과 부유잡목의 면적에 따라 서로다른 경향을 보이며 부유잡목의 형태가 삼각형으로 집적되어 있는 경우에서 상류부와 교각 직상류부에서 모두 수위하강 현상이 일어나 직사각형보다 역삼각형이 보다 안정적인 흐름이 나타났다. 하지만 삼각형의 경우 부유잡목의 집적모양이 수면 아래로 집중되어 있어 수위상승에 큰 영향을 미친다. 따라서 그림 6에서처럼 부유잡목의 B값이 수위 상승에 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

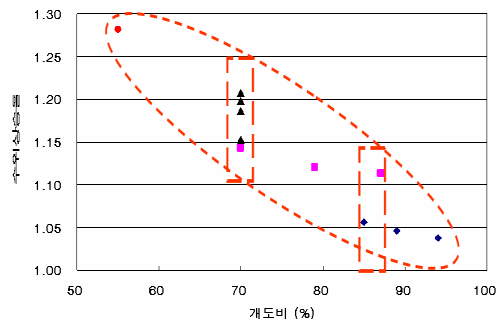


그림 6. 부유잡목 B값 상승에 따른 최고수위단면 비교

3.3 교각사이 개도비에 따른 수위 상승

개도비는 교각의 설치에 따른 하천폭의 감소정도를 나타냄을 말한다. 즉 개도비가 100%일 경우는 하천폭의 감소가 전혀 없는 상태이고, 개도비가 0%인 경우는 하천폭이 완전히 차단되어 있는 상태이다. 본 실험에서는 개도비를 94%, 89%, 85%, 79%, 70%의 변화를 주어 개도비 변화에 따른 수위변화를 측정하였다. 94%의 개도비의 수위 상승량은 부유잡목 미 설치시에 비해 최고 4.5%정도 수위상승이 있었다. 또한 70% 개도비의 수위상승량은 부유잡목 미 설치시에 비해 최고

15.4% 정도의 수위상승이 발생하였다. 이를 통해 개도비가 높을수록 통수단면적이 확보되어 수위상승이 작게 나타남을 알 수 있었다. 개도비 변화에 따른 흐름영향은 수위의 경우에는 교각 상류부와 교각 설치 주변에서는 수위가 상승하였으나 하류부에서는 Fr 값 변화에 따라 수위 불규칙한 변화가 크게 나타났으나 교각 설치 주변과 하류부의 수위차가 크게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 하천내 홍수위 상승의 원인이 되는 교각주위의 부유잡목의 집적에 의한 수위 및 유속 변화를 알아보기 위해 부유잡목의 형태를 변화하며 실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 부유잡목의 높이/폭(H/B)비를 변화시키고 이에 따른 수위변화를 측정하였을 때, 부유잡목이 존재하지 않는 상태에 비하여 부유잡목이 존재하는 경우 최대수위가 15% 증가하였으며 수위증가율은 Fr값이 클수록 크게 나타났다. 또한 부유잡목이 동일 면적인 경우 폭(B)에 비하여 높이(H)가 커질수록 수위상승량이 큰 것으로 나타났다.

둘째, 부유잡목의 집적형태를 변화시켰을 때, 수위변화는 Fr 값과 부유잡목의 면적에 따라 서로 다른 경향을 보이며 부유잡목의 모양이 직사각형보다 역삼각형인 경우에 안정적인 흐름이 나타났다. 이를 통해 부유잡목의 모양이 동일 개도비 상에서 수면 아래 부분의 폭(B)이 클수록 수위상승이 커짐을 알 수 있었다.

셋째, 개도비 변화에 따른 수위 상승을 측정·분석하였다. 그 결과 70% 개도비의 경우 부유잡목 미설치시에 비해 최고 15.4% 정도의 수위상승이 발생하였으며 이를 통해 개도비가 높을수록 통수단면적이 확보되어 수위상승이 작게 나타남을 알 수 있었다.

본 실험 결과를 통해 Fr수 변화에 따른 최고수위 상승율을 구하였을 때, 상류조건에서 $Fr < 0.5$ 인 경우는 기존 여유고에 대하여 최대 10%의 여유고를 추가 확보하며, $0.5 < Fr < 1$ 인 경우는 기존 여유고에 대하여 최대 20%의 여유고를 추가 확보하도록 설계에 반영할 필요가 있다. 또한 본 실험 결과는 향후 교량의 설계 및 시공시 기존의 홍수량에 의한 여유고 산정과 더불어 부유잡목에 의한 여유고 산정에 활용가능 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김봉근, 오금호, 이상호(2000), “홍수시 유송잡물의 집적이 중소하천에 위치한 교각의 구조적 안정성에 미치는 영향”, 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp.123 ~ 131.
2. 최계운, 권용현, 김영규, 김주환,(2008), “교각주변에 부유잡목 집적시 유속증가에 따른 흐름특성분석”, 2008년도 한국수자원학회 학술발표회 pp.2202 ~ 2206.
3. 최계운, 김기형, 강희경(1999), “홍수시 부유잡목에 의한 수위상승이 제방의 여유고에 미치는 영향”, 1999년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.523 ~ 528.
4. 최계운, 김기형, 박용섭(2003), “교각 주위내 부유잡목에 의한 수위 및 유속변화에 관한 연구”, 한국수자원학회논문집, 제36권 제 3호, pp.273 ~ 284.
5. 한국수자원학회(2005), 하천설계기준.
6. Dongol, D.M.(1989), “Effect of Debris Rafting on Local Scour at Bridge Piers”, Auckland, University of Auckland Department of Civil Engineering, School of Engineering Report No. 473.