

교각주변에 부유잡목 집적시 유속증가에 따른 흐름특성분석

The Analysis on Flow Characteristics of Increasing Velocity by Accumulated Debris at the Pier

최계운*, 권용현**, 김영규***, 김주환****

Gye Woon Choi, Yong Hyeon Gwon, Young Kyu Kim, Joo Hwan Kim

요 지

본 연구에서는 물의 다양한 흐름으로 인한 교각주변의 수위 및 유속변화에 대하여 연구하기 위해 수리모형을 설치하여 개도비를 70%로 고정시키고 유속을 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec, 84cm/sec로 변화시켜 부유잡목의 높이와 폭에 따른 흐름특성을 분석하였다. 그 결과 동일개도비 70%상에서 상류에서는 유속이 증가하면서 수위 또한 증가를 하였으며 교각 직상류에서는 갑자기 증가하였다. 교각 직하류부에서는 수위가 감소하여 최저 수위가 나타났으며 수위변화가 매우 불규칙하게 나타났다. 또한 교각설치 직상류부와 하류부에서는 수위차가 크게 나타났으며 유속이 증가할수록 수위차는 더욱 크게 나타났다. 동일개도비의 부유잡목 중 폭보다 깊이 방향으로의 크기가 증가하고 유속이 증가함에 따라 교량 하류부의 유속이 매우 크게 증가하여 교량피해에 큰 영향을 줄 것으로 판단되며 교각의 하류부 또한 매우 불규칙한 유황으로 인한 피해도 우려된다.

핵심용어 : 부유잡목집적, 유속증가, 흐름특성

1. 서 론

우리나라는 기상학적으로 6~9월에 일년에 내리는 총강수량의 70%가 집중되고 있으며, 지형적으로도 국토의 70% 이상이 산지로 되어 있고 경사가 급해 수해를 입을 가능성이 매우 크다. 이런 홍수기간 중 상류로부터 유송된 많은 부유잡목들은 하류로 이동되며 하천을 가로질러 설치된 교량의 교각 등 다양한 수리구조물에 걸치게 되고 이들은 하천의 유수 단면적을 감소시켜 유속을 변화시키거나 수위를 변화시키는 등 하천 및 수리구조물의 안정성에 좋지 않은 영향을 끼치게 된다. 현재 설계기준에는 계획홍수량에 따른 여유고는 제시되어 있으나 부유잡목이 집적된 상태에서 유속증가에 의해 발생하는 흐름특성은 연구가 부족한 상태이다.

2. 실험방법

2.1 수리실험장치 개요

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr
** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : hyun-9206@hanmail.net
*** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 연구원 · E-mail : kimyk@paran.com
**** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : sinbi2000@hanmail.net

본 연구에서는 총 수로 연장 11m, 수로폭이 1m인 직선수로장치를 이용하여 교각주변에 부유 잡목 집적시 유속증가에 따른 흐름특성을 분석하였다. 유량공급은 지하저수조에 저류된 물은 펌프를 가동하여 고수조로 유입되며, 고수조에서 수로의 유입조로 유입되며 유량모식도는 그림 1과 같다.

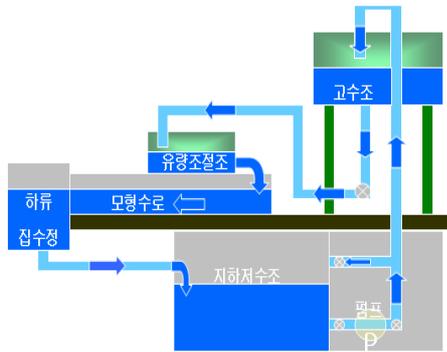


그림 1. 공급유량 모식도



그림 2. 수로에 포설된 자갈의 모습

2.2 실험조건

상류경계조건은 고수조로부터 유입된 유량이 유입조의 5개 정류관을 거쳐 안정화되어 수로로 유입되게 하였으며, 하류경계조건은 수로 하단에 위어를 조절하여 수로내 일정한 수위를 유지시키도록 하였다. 이로 인하여 수위는 홍수위 16.2cm로 고정하였으며 유량 변화에 따라 유속을 증가시켜 흐름특성 변화를 분석하였다. 또한, 하상은 그림 2와 같이 자갈을 포설하여 교각설치부분의 단차를 줄였으며 자갈의 입경은 약 2cm이며 비중은 2.69이며 전 수로에 걸쳐 5cm를 포설하였다.

2.3 실험측정방법

실험에 사용되는 수위측정은 드릴포인트게이지를 사용하였으며, 유속측정 장비로는 초음파유속계(ADV-11000)를 사용하였다. 실험측정위치는 상류로부터 4.5m위치에 교각을 설치하여 교각 설치위치를 기준으로 상류 측으로 2m, 하류 측으로 2m까지 총 4m지점을 측정하였다. 수위는 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.

2.4 실험 case

실험 case는 부유잡목의 개도비를 70%로 평균수위를 16.2cm로 동일하게 고정한 상태에서 크기 H(높이)×B(폭)(mm×mm)을 50×500, 62.5×400, 83.3×300, 125×200로 집적하였고 이때의 H/B비는 0.1, 0.15, 0.28, 0.63으로 이에 대한 유속증가에 따른 수위 및 유속의 변화를 측정하였다. 평균 유속은 각각 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec, 84cm/sec로 변화시켰으며 실험 유량은 0.073CMS, 0.091CMS, 0.116CMS, 0.136CMS이다. 실험 case는 예비실험을 포함하여 총 20case를 실시하였다.

표 2. 실험 case

| 실험유형 | 유속 (cm/sec) | 유량 (CMS) | 부유잡목 크기(H×B) (mm×mm) | | 개도비 | H/B비 |
|---------------------|----------------|-------------|-------------------------|----------|-----|------|
| | | | 좌 | 우 | | |
| 예비실험 | 44 | 0.073 | - | - | - | - |
| | 57 | 0.091 | | | | |
| | 72 | 0.116 | | | | |
| | 84 | 0.136 | | | | |
| 유속증가에 따른 흐름변화 | 44 | 0.073 | 50×500 | 50×500 | 70% | 0.1 |
| | 57 | 0.091 | | | | |
| | 72 | 0.116 | | | | |
| | 84 | 0.136 | | | | |
| | 44 | 0.073 | 62.5×400 | 62.5×400 | 70% | 0.15 |
| | 57 | 0.091 | | | | |
| | 72 | 0.116 | | | | |
| | 84 | 0.136 | | | | |
| | 44 | 0.073 | 83.3×300 | 83.3×300 | 70% | 0.28 |
| | 57 | 0.091 | | | | |
| | 72 | 0.116 | | | | |
| | 84 | 0.136 | | | | |
| | 44 | 0.073 | 125×200 | 125×200 | 70% | 0.63 |
| | 57 | 0.091 | | | | |
| | 72 | 0.116 | | | | |
| | 84 | 0.136 | | | | |

3. 실험결과 및 분석

3.1 예비실험

교각 설치 후 유속을 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec, 84cm/sec로 변화함에 따라 평균 수위에 비해 각각 상류부에서는 수위가 최고 4.07%, 6.23%, 10.06%, 10.56% 상승하였으며 교각설치 직상류부에서는 최고 8.82%, 12.04%, 20.56%, 25.00% 상승하여 큰 수위변화가 나타났음을 알 수 있었다. 교각 하류부에서는 수위의 변화가 최고 0.19%, 0.49%, 0.99%, 7.59% 하강하여 유속이 증가함에 따라 그 변화가 큰 것을 알 수 있었다.

유속의 경우, 교각 설치 상류부에서는 유속을 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec, 84cm/sec에서 각각 4.64%, 12.42%, 12.72%, 13.83%의 유속이 감소되었지만 교각설치 직하류부에서는 16.77%, 13.47%, 16.03%, 6.94% 증가되었다. 하류부에서는 8.05%, 2.35%, 8.29%, 15.17% 증가되어 교각 설치 직하류부가 하류부보다 더 높은 유속증가 경향을 나타냈다.

3.2 부유잡목 집적시 유속증가에 따른 흐름특성분석

3.2.1 부유잡목 H/B비가 0.1일 때의 흐름특성분석

상류부에서 수위가 최고 7.60%, 12.96%, 19.58%, 22.99% 상승하였다. 또한 교각설치 주변에서는 부유잡목 미설치 경우에 비해 각각 최고 12.20%, 17.84%, 26.00%, 31.37% 수위상승이 일어나는 것을 알 수 있었다. 또한 유속이 증가됨에 따라 하류부 각각의 유속 44cm/sec, 57cm/sec에서는 각각 0.31%, 1.98% 상승하였으나 72cm/sec, 84cm/sec에서는 각각 1.73%, 5.51% 감소하였다.

유속의 경우는 상류부에서는 최대 16.09%, 23.32%, 19.13%, 22.58% 정도로 비슷한 감소를 보였으나 교각설치 주변에서는 최대 80.20%, 79.96%, 64.90%, 52.54%정도로 유속이 크게 증가를 하

였다. 또한 교각 하류부에서는 유속 44cm/sec, 57cm/sec에서는 최대 6.25%, 6.42% 정도로 유속이 감소되었으나 72cm/sec, 84cm/sec에서는 10.47%, 16.99%로 큰 유속증가를 나타냈다.

3.2.2 부유잡목 H/B비가 0.15일 때의 흐름특성분석

상류부에서 수위가 최고 6.16%, 12.61%, 18.87%, 23.88% 상승하였다. 또한 교각설치 주변에서는 부유잡목 미설치 경우에 비해 각각 최고 10.29%, 17.40%, 24.45%, 30.82% 수위상승이 일어났다. 또한 유속이 증가됨에 따라 하류부에서는 유속 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec에서는 각각 0.31%, 0.74%, 0.19% 증가되었지만 84cm/sec에서는 4.52% 감소하였다.

유속변화는 부유잡목 미설치 시에 비해 각각 상류부에서는 최대 16.36%, 25.07%, 19.92%, 26.12% 정도로 비슷한 감소를 보였으나 교각설치 주변에서는 최대 111.09%, 98.07%, 78.92%, 64.11% 정도로 매우 큰 증가를 나타냈다. 또한 교각 직하류에서는 유속이 44cm/sec일 때는 8.43% 정도 감소되었으나 그 외에는 최대 5.47%, 7.75%, 6.13% 정도의 유속증가가 나타났다.

3.2.3 부유잡목 H/B비가 0.28일 때의 흐름특성분석

수위변화가 상류부에서는 최고 6.06%, 13.51%, 17.34% 24.78% 상승하였다. 또한 교각설치 주변에서는 부유잡목 미설치 경우에 비해 각각 최고 10.00%, 16.44%, 23.24%, 30.28% 수위상승이 일어나는 것을 알 수 있었다. 또한 유속이 증가됨에 따라 하류부의 유속 44cm/sec, 57cm/sec, 72cm/sec에서는 각각 0.31%, 2.97%, 3.53% 감소되었으며 84cm/sec에서는 0.31% 증가하였다.

유속변화는 부유잡목 미설치 시에 비해 각각 상류부에서는 최대 9.91%, 25.91%, 20.29%, 22.95% 정도로 감소를 보였으나 교각설치 주변에서는 최대 123.98%, 112.44%, 88.08%, 71.37% 큰 증가를 보였다. 또한 교각 직하류에서는 유속이 44cm/sec일 때 4.02% 감소되었지만 그 외에는 최대 6.56%, 5.15%, 17.74% 정도로 유속이 증가되었다.

3.2.4 부유잡목 H/B비가 0.63일 때의 흐름특성분석

상류부에서 수위가 최고 6.34%, 11.81%, 17.70%, 22.89% 상승하였다. 또한 교각설치 주변에서는 부유잡목 미설치 경우에 비해 각각 최고 8.50%, 14.93%, 22.03%, 29.11%정도 수위상승이 일어나는 것을 알 수 있었다. 또한 유속이 증가됨에 따라 하류부에서는 유속이 44cm/sec일 때 0.75% 감소되었으며 그 외에는 각각 0.44%, 0.68%, 3.90% 정도 증가하였다.

유속변화는 부유잡목 미설치 시에 비해 각각 상류부에서는 최대 9.52%, 25.53%, 20.97%, 22.95% 정도로 감소를 보였으나 교각설치 주변에서는 최대 137.52%, 139.47%, 105.60%, 90.76% 정도로 매우 큰 증가를 나타냈다. 또한 교각 직하류에서는 최대 7.59%, 21.88%, 5.60%, 27.71% 정도로 매우 큰 유속증가를 나타냈다.

4. 결 과

본 연구에서는 교각주변에 부유잡목 집적시 유속증가에 따른 흐름특성을 수리실험을 통해 분석하였다. 유속의 증가에 따른 최고수위변화율과 최고유속변화율은 그림 3과 그림 4와 같으며 부유잡목이 설치된 교각 주변에서 발생하였다. 수위변화율은 증가하는 현상을 보였지만 유속변화율은 감소하는 현상을 보였다. 또한, 부유잡목의 높이(H)가 깊어질수록 수위변화율은 가장 적었으나 유속변화율은 가장 크게 증가 함을 보였으며 부유잡목을 월류하는 흐름보다 부유잡목을 피해 흐르는 현상이 크게 나타나 교각과 교각사이의 유속이 증가하여 교각 주변의 세굴 및 하상변화 가

능성이 클 것으로 판단된다.

또한, 수위의 경우에는 부유잡목이 설치됨에 따라 상류는 수위가 상승하였고 부유잡목 설치 주변은 매우 큰 증가를 나타냈으며, 하류는 수위가 하강되는 것으로 나타났다. 유속의 경우에는 상류부에서는 감소를 보였으나 교각설치 주변에서는 매우 큰 증가를 나타냈다. 또한 직하류부에서도 증가를 하여 교각 주변의 유속이 하류까지 영향을 미쳐 불규칙한 유황으로 인한 피해가 우려된다.

부유잡목이 교각에 집적됨으로 인해 수위증가와 유속변화가 크게 나타났으며 이로 인한 피해를 최소화하기 위하여 향후 부유잡목 차단시설을 설계함에 있어 보다 경제적이고 효율적인 가이드라인을 제시할 수 있을 것이라고 판단된다.

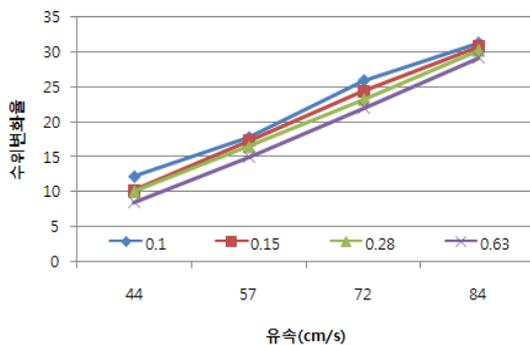


그림 3. 유속증가에 따른 수위변화율

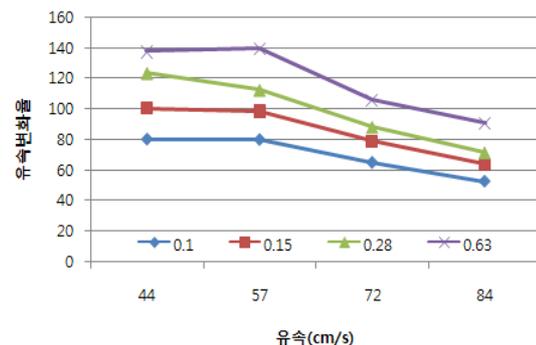


그림 4. 유속증가에 따른 유속변화율

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. 김봉근, 오금호, 이상호 (2000) “홍수시 유송잡물의 집적이 중소하천에 위치한 교각의 구조적 안정성에 미치는 영향”, 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp.123-131.
3. 심우배, 심기오, 박영진 (2000) “유송잡물의 영향을 고려한 교량 경간장의 세굴심 감소효과에 관한 연구”, 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp.133-140.
4. 최계운, 김기형, 강희경 (1999) “홍수시 부유잡목에 의한 수위상승이 제방의 여유고에 미치는 영향”, 99년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 523-528.
5. 최계운, 김영규, 조상욱 (2006) “교각 부유잡목 집적으로 인해 발생하는 흐름특성 분석”, 2006년도 토목학회 정기학술 대회 발표논문집, pp. 188-192.
6. 최계운, 김영규, 황영만, 조상욱 (2007) “부유잡목에 의한 흐름차단이 하천에 미치는 영향 분석”, 2007년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 846-850.
7. 한국건설기술연구원 (2003) “도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 연구”, pp. 219-347.
8. 도시홍수재해관리기술연구사업단 (2004) “도시하천 중형단 및 복개구조물 등의 수리영향 분석 기술”.