

# 부유잡목에 의한 흐름차단이 하천에 미치는 영향 분석

## Analysis of Intercepted Flow Characteristics by Accumulated Debris

최계운\*, 김영규\*\*, 황영만\*\*\*, 조상욱\*\*\*\*

Gye Woon Choi, Young Gyu Kim, Young Man Hwang, Sang Wook Cho

### Abstract

In this study debris like branch or trash are washed and flowed from land to stream by rainfall runoff at mountain or urban stream specially rainy season. These kinds of debris are accumulated at hydraulic construct on the way of flow along the stream. The shape or ratio of like these accumulated debris are various according to the location where it is accumulated and the material what it is, so that it is influenced to be varied to flow characteristics. To be simple of accumulated debris shape, it was made experiments though the variation of open ratio and the shape of accumulated debris by lab experiment using straight channel with two piers. From the result, the water level is inverse proportion to open ratio, and the water level more sensitive to the debris' width than length at the same area of accumulated debris.

**Key words:** Accumulated Debris, Clearance, Open Ratio

### 1. 서 론

국토에 산지가 많은 우리나라에는 홍수시 특성상 교량의 교각에 부유잡목이 걸려 통수단면을 축소시키고 이로 인하여 하천 흐름에 많은 영향을 미치게 되어 홍수나 교량 파괴 등의 결과를 나타내게 된다. 지난해 집중호우로 인하여 강원지역에 부유잡목에 의한 많은 교량피해가 발생하였다. 이는 상류에서 떠내려 온 부유잡목이 교량에 걸쳐지면서 발생되는 흐름 특성으로 인하여 교량이 많이 파괴되고 수위상승과 유속증가 등의 흐름을 변화시키면서 더 큰 피해를 발생시켰다. 하지만 실제 하천에서 부유잡목이 교각에 다양한 형태로 접적되고 있으나 그에 대한 설계기준 등이 부족한 실정이다. 또한 이러한 교량의 설계 및 시공에서 홍수량에 의한 여유고를 적용할 뿐 부유잡목에 의한 추가 여유고 설정이 필요하며 이에 대한 분석이 필요하다. 따라서 홍수시 발생되는 피해를 분석하고 향후 교량설계시 효과적인 설계방안을 제안하고자 수리모형실험을 실시하여 그 방안을 모색하고자 한다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 수리 실험장치 개요

본 연구에서 사용한 실험장치는 총 수로연장 14m 수로폭 0.7m인 직선수로로 이 장치를 이용하여 교각설치 및 부유잡목 접적비율에 따른 흐름변화를 분석하였다. 그럼 1에서 나타난 것처럼 유량탱크의 물을 펌프를 이용하여 상류 고수조로 올리고 고수조에서 측정된 유량을 직선 수로에 공급하도록 하였다. 상류 고수조로 물을 끌어올리기 위한 펌프는 총 4대의 펌프를 사용하였으며 공급 가능 유량은 약 0.043CMS이다.

\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr

\*\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : youngkyu@incheon.ac.kr

\*\*\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : youngm@mogaha.go.kr

\*\*\*\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : swcho@ncheon.ac.kr

## 2.2 실험 경계조건

실험경계조건은 부유잡목의 접적비율에 따라  $B(\text{높이}) \times L(\text{폭})$ 의 변화를 주어 개도비로 표현하여 실험을 실시하였다. 또한 하상의 경우 교각설치부분의 단차를 줄이기 위해 그림 2와 같이 자갈을 포설하였으며 자갈의 비중은 2.69, 입경은 약 20mm이다. 하류경계조건은 보다 높은 Fr 수를 유지하기 위해 자유낙하로 결정했으며 수로내 평수위를 동일하게 유지할 수 있도록 하상경사 0.2%를 주었다. 유량은 0.043CMS로 유속은 64cm/sec로 나타났으며 수위는 133.5mm 이때의 Fr 수는 약 0.56로 나타났다.

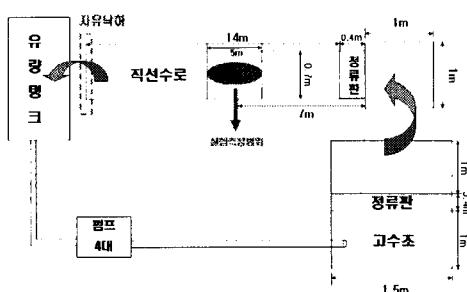


그림 1. 유량 공급 모식도

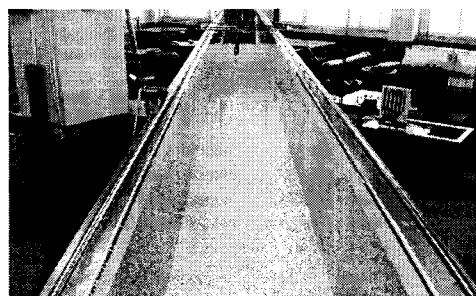


그림 2. 수로에 포설된 자갈의 모습

## 2.3 실험 측정방법

실험에 사용되는 수위측정은 그림 3의 포인트케이지 PG-500을 사용하였으며, 유속은 그림 4의 초음파유속계(ADV-11000)를 사용하였다.

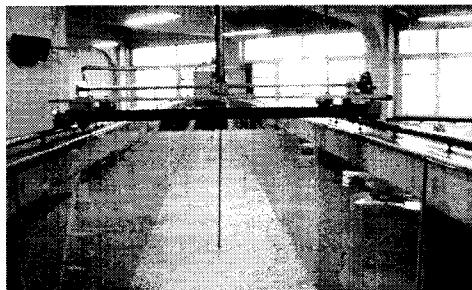


그림 3. 수위측정계의 모습

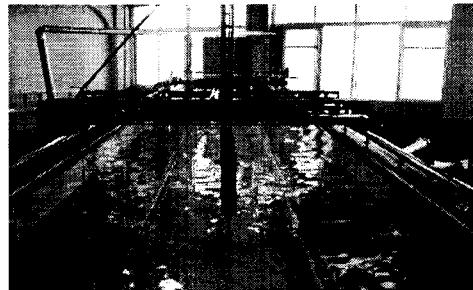


그림 4. 유속측정계의 모습

실험 측점위치는 교각 설치위치를 기준으로 상류측 2.5m, 하류측 2.5m로 정하였으며 수위측정은 25단면 9지점 총 225지점으로 측정하였다. 단, 부유잡목이 설치 직상류단면은 2지점을 추가하여 보다 정확한 수위변화를 나타내었으며, 유속은 9단면을 5지점씩 총 45지점을 측정하였다.

## 2.4 실험 case

실험case는 부유잡목 설치시 부유잡목 비율에 따른 수위 및 유속의 변화를 측정하였으며, 실험 유량은 0.043CMS이며 평균 수위는 133.5mm, 평균 유속은 64cm/sec이다. 따라서 Fr수는 0.56이며 실험case는 예비 실험을 제외하고 총 12case 실시하였다.

표 1. 실험 case

실험유형	유량 (CMS)	부유잡목 설치 (B×L)		B/L 비	개도비 비율	수면下
		좌	우			
부유잡목 집적비율	0.043	-	-	-	-	-
	0.043	20×150	20×150	0.13	0.94	0.15
	0.043	20×250	20×250	0.08	0.89	0.15
	0.043	20×350	20×350	0.57	0.85	0.15
	0.043	40×150	40×150	0.27	0.87	0.3
	0.043	40×250	40×250	0.16	0.79	0.3
동일개도비상 깊이/폭 비 변화	0.043	40×350	40×350	0.11	0.7	0.3
	0.043	40×350	40×350	0.11	0.7	0.3
	0.043	60×233	60×233	0.26	0.7	0.45
	0.043	80×175	80×175	0.46	0.7	0.6
	0.043	100×140	100×140	0.71	0.7	0.75
	0.043	120×117	120×117	1.02	0.7	0.9
높이(B)변화	0.043	20×350	20×350	0.57	0.85	0.15
	0.043	40×350	40×350	0.11	0.7	0.3
	0.043	60×350	60×350	0.17	0.45	0.55

### 3. 수리 실험결과 분석

#### 3.1 부유잡목 집적비율에 따른 흐름변화

부유잡목 집적비율에 따른 수위변화를 분석하기위해 개도비를 각각 94%, 89%, 85%, 87%, 79%, 70%로 변화하여 실험을 하였다. 그 결과 Fr수가 0.56인 흐름상태에서 부유잡목이 교각에 집적됨에 따라 교각주위의 최고수위가 부유잡목 미설치인 경우에 비해 최고수위는 각각 2%, 2.2%, 2.2%, 6.7%, 7.9%, 10.3%씩 증가하는 것을 나타냈다.

유속의 경우는 부유잡목의 높이(B)가 15%인 경우는 수로 전체에 걸쳐 10%이하의 적은 유속변화가 나타났다. 하지만 부유잡목의 높이가 30%인 개도비 경우는 교각 주변에서는 부유잡목 미설치인 경우에 비해 각각 13.2%, 16.9%, 32.6%의 유속 증가가 나타내 부유잡목에 의해 교각주변이 큰 영향이 발생하는 것을 보였으며 교각주변뿐 아니라 상하류 전반에 걸쳐 10% 정도의 유속변화를 나타내 부유잡목으로 인한 흐름특성이 매우 불규칙하게 변하는 것으로 나타났다.

#### 3.2 동일 개도비상 깊이/폭 비 변화에 따른 흐름변화

부유잡목 집적비율 실험을 통해 부유잡목 크기 깊이/폭(B/L)에서 폭 보다는 깊이에 의해 지배적으로 흐름변화가 더 큰 것을 알았다. 따라서 동일개도비상에서 부유잡목의 깊이/폭 비에서 깊이에 관해 변화시켜 실험을 실시하여 그 변화가 어떻게 변하는지를 알아보았다. 개도비 70%를 고정으로 한 상태에서 수면下 차지비율을 45%, 60%, 75%, 90% 차례로 변화시켜 분석한 결과 그림 12와 같이 나타났다. 부유잡목 설치 직상류 최고수위는 부유잡목 미설치시에 비해 13.3%, 15%, 15.9%, 16.5% 정도 증가하였으며 수위에 대한 깊이의 크기가 30%인 40×350에 비해서는 최고수위가 2.7%, 4.3%, 5.0%, 5.5% 정도 증가하여 동일개도비 상태에서 수면 아래로 깊이의 크기가 커질수록 수위가 상승하는 것을 알 수 있었다.

유속의 경우 수면下 차지비율을 증가시킨 결과, 교각 주변의 최대유속이 부유잡목 미설치시에 비해 47.2%, 51.7%, 48.1%, 41.6% 정도 증가하여 교각부근에 부유잡목이 큰 영향을 미치는 것을 볼 수가 있다. 아래 나타낸 그림 13과 같이 유속분포가 큰 변화가 나타났으며 교각 직상류보단 직하류부분에서 매우 큰 변화가 나타났다. 또한 유속변화가 크므로 교각 주변에서는 국부적인 세줄이 일어났으며 이는 실제 하천에서 매우 큰 위험을 초래할 수 있다고 판단된다.

### 3.3 부유잡목 높이(B)변화에 따른 흐름변화

부유잡목 크기  $B \times L$  중  $L$ 의 값을 수로폭 700mm와 동일하게 한 상태에서  $B$ 값의 크기를 15%, 30%, 40%로 증가시키며 실험을 실시한 결과 각각 부유잡목 미설치시에 비해 부유잡목 설치 직상류의 최고수위가 2.2%, 10.3%, 20.1% 정도로  $B$ 값이 상승함에 따라 매우 큰 수위상승 폭을 나타냈다.

유속의 경우, 부유잡목 미설치시에 비해 교각 주변의 최대유속이 13.1%, 32.6%, 56.8% 정도 증가하여  $B$ 값이 커짐에 따라 작은 개도비로 물이 흘러 매우 큰 유속증가를 가져오는 것이다. 이는 교량의 세굴방생에 주원인이 되며 통수단면적의 감소와 이로 인한 큰 유속증가가 교량붕괴를 가져 올 수 있다는 것을 보여준다.

### 3.4 부유잡목 집적에 따른 흐름분석

부유잡목 집적에 따른 흐름변화를 분석한 결과, 수위는 부유잡목이 설치된 직상류부분에서 큰 변화가 나타났으며 유속은 부유잡목이 설치된 직하류부분에서 더 큰 변화를 보였다. 따라서 수위는 그림 5에 나타난 것과 같이 개도비가 100%에서 70%로 감소함에 따라 부유잡목 미설치에 비해 교각 직상류단면의 수위변화율은 2% ~ 16.5%로 증가하는 것으로 나타나 개도비감소에 의해 수위증가가 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며 동일개도비인 경우 부유잡목의 깊이/폭 비 중 폭에 비해 깊이에 대한 수위영향이 크게 변하였다.

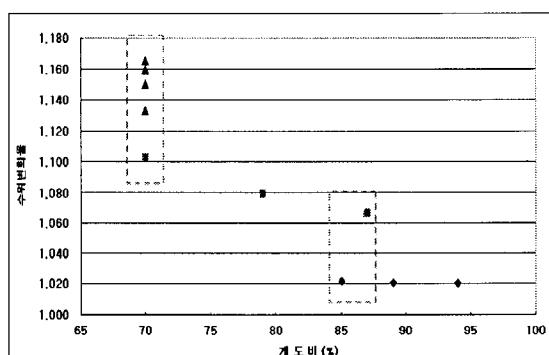


그림 5. 부유잡목에 의한 수위변화율

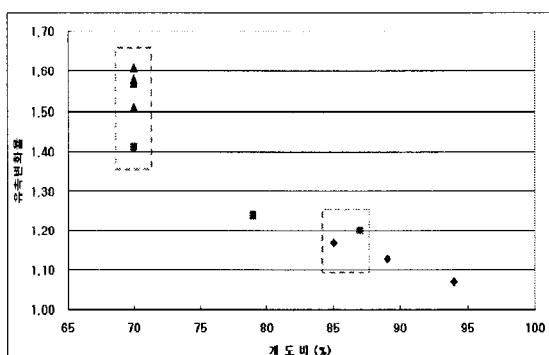


그림 6. 부유잡목에 의한 유속변화율

또한 유속의 경우는 그림 6에 나타난 것과 같이 개도비가 감소함에 따라 부유잡목 미설치에 비해 교각 직하류단면의 유속변화율이 7% ~ 61%로 매우 큰 변화가 나타났으며, 개도비가 더 큰 경우여도 깊이/폭 비 중 깊이가 큰 경우에 수위와 유속 모두 더 큰 변화를 보였다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 부유잡목의 의한 교각주변의 흐름변화를 분석하기 위해 다양한 경우의 실험을 통해 그 수리학적 특성을 알아보았다. 실험은 앞서 말한바와 같이 부유잡목의 집적비율에 따라 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

부유잡목의 집적은 상류부 및 부유잡목 집적된 곳의 흐름에 큰 영향을 미친다. 또한 개도비 감소함에 따라 상류부 수위변화율이 증가하며 하류부의 유속변화율이 증가함을 보였으며 부유잡목을 월류하는 흐름보다 부유잡목을 피해 흐르는 현상이 크게 나타나 교각과 교각 사이의 유속이 증가하여 교각주변의 세굴 및 하상 변화 가능성이 클 것으로 판단되었다.

부유잡목의 집적형태에서 부유잡목이 폭보다 깊이 방향으로 집적되는 것이 수위와 유속상승에 더욱 민감한 영향을 나타내는 것을 밝혔으며 이로 인해 향후 부유잡목 차단시설을 설계함에 있어 보다 경제적이고 효율적인 가이드라인을 제시할 수 있을 것이라고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

## 참고문현

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. Foster, J.E. (1988), Jefferson Barracks Bridge, Movable-Bed Model Study, Vicksburg, Mississippi, U.S.
3. 김봉근, 오금호, 이상호 (2000) “홍수시 유송잡물의 집적이 중소하천에 위치한 교각의 구조적 안정성에 미치는 영향”, 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp.123 ~ 131.
4. 윤세의, 정재욱 외 2명 (1997) “수목이 있는 하도에서의 수위 예측”, 97년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 69-74.
5. 최계운, 김기형, 강희경 (1999) “홍수시 부유잡목에 의한 수위상승이 제방의 여유고에 미치는 영향”, 99년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 523-528.
6. 최계운, 김영규, 조상욱 (2006) “교각 부유잡목 집적으로 인해 발생하는 흐름특성 분석”, 2006년도 대한토목학회 정기학술 대회 발표논문집, pp 188 ~ 192.
7. 한국건설기술연구원 (2003) “도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 연구”, pp 219 ~ 347.
8. 도시홍수재해관리기술연구사업단 (2004) “도시하천 종횡단 및 복개구조물 등의 수리영향 분석기술”.