

## 유송잡물에 의한 홍수위 상승 영향분석

### - 삼교천의 선우대교를 중심으로 -

#### A Study for the Water Rising Effect on Flood Water Level by Debris

조 용 호\* / 정 상 만\*\* / 한 규 하\*\*\* / 신 광 섭\*\*\*\*

Cho, Yongho / Jeong, Sangman / Han, Kyuha / Shin, Kwangseob

#### Abstract

This paper has investigated a rise of water level in upstream and downstream of bridge, which is caused by accumulation of debris in a bridge. The debris has been classified into several types in terms of size. The rise of water level which has been caused by installation and removal of sheet pile that is used to block water in a bridge has been analyzed using HEC-RAS model. According to the analysis, it has turned out that the debris has no influence on the rise of water level in ordinary water flow. In addition, sheet pile has little impact on the rise of water as well. Even though the impact of sheet pile has turned out trivial in flood flow just like the ordinary water flow, it's been simulated that the maximum water level difference between upstream and downstream of bridge turned out more than 1.0meter because of debris in 80-year or more flood frequency. When the rise of water level in upstream from the cross section of the bridge was investigated based on 100-year flood frequency, besides, it has turned out that it had an influence up to 17.84km distance because of the effect of debris.

**key words** : Debris, HEC-RAS, Water Rising Effect, Sheet pile

#### 요 지

본 연구에서는 교량 건설 중 가설되는 가교에 집적되는 유송잡물로 인한 교량 상·하류간의 수위상승량에 대한 분석을 수행하였다. 가교에 집적되는 유송잡물을 크기에 따라 몇 가지 형태로 구성하였으며, 교량의 물막이로 가설되는 시트파일의 설치와 철거에 따른 교량 상·하류간의 수위상승량을 1차원 수리모형인 HEC-RAS를 이용하여 분석하였다. 분석결과 평수량의 흐름에는 유송잡물이 수위상승에 크게 영향을 주지 않는 것으로 분석되었으며, 시트파일의 영향 또한 미미한 것으로 나타났다. 홍수량 적용시에는 평수량이 흐름때와 같이 시트파일의 영향은 작은 것으로 나타났지만 80년 빈도 이상의 홍수량에서는 유송잡물의 영향으로 교량 상·하류간의 최대 수위차가 1m이상 크게 발생하는 것으로 모의되었다. 또한 국가하천의 설계빈도인 100년 빈도의 홍수량을 적용하여 가교 단면에서부터의 상류부 수위상승량을 검토한 결과 유송잡물의 영향으로 인해 상류측 17.84km지점까지 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 유송잡물, HEC-RAS, 수위상승, 시트파일

\* 공주대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정 (E-mail : tiger3931@kongju.ac.kr)

\*\* 정회원 · 공주대학교 공과대학 건설환경공학부 교수

\*\*\* 공주대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정

\*\*\*\* 공주대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정

# 1. 서 론

## 1.1 연구의 개요

최근 우리나라에서 발생하는 침수피해는 국지적인 집중호우로 인한 제방월류와 배제불량이 주요 원인으로 작용하고 있으며, 홍수소통을 고려하지 않은 하천의 중·횡단 구조물이 침수피해를 가중시키고 있는 실정이다. 최근에는 홍수시 하천을 따라 이동하는 유송잡물에 의한 구조물의 피해가 급증하고 있는 상황이며, 국내의 경우 교량의 붕괴원인 중 18%가 홍수시 유송잡물에 의한 직접적인 영향으로 조사되었으며, 2001년 집중호우로 인한 21개의 피해교량 중 62%가 유송잡물에 의한 영향이 직·간접적으로 피해원인을 제공한 것으로 조사되었다.(국립방재연구소, 2001) 유송잡물의 영향으로는 교각전면에 많은 유송잡물이 집적되어 통수단면적을 감소시킴에 따라, 통수능이 상실될 경우에는 교량이 댐과 같은 역할을 수행하여 수위가 증가됨에 따라 다량의 물을 저장하게 되고, 상당히 큰 유수압을 받게 됨에 따라 수압이 횡방향 설계하중을 초과하게 되면 전도피해를 입게 된다. 이와같은 경우 갑작스런 급류의 방출로 인해 하류부의 막대한 피해를 야기시키기도 한다. 그러나 현재 국내에서는 유송잡물의 영향에 대해서는 구체적인 기준을 제시하지 못하고 있으며, 각종 연구를 통하여 구체적인 검토가 필요한 실정이다.

## 1.2 연구동향

하천에 설치된 구조물에 집적된 유송잡물에 의한 연구동향을 살펴보면 Laursen과 Toch (1956)는 모래하상에 설치된 교각에 유송잡물이 걸린 경우의 세굴에 대한 실험연구를 실시하였고, Foster(1988)는 유송잡물로 인해 붕괴된 미시시피강의 교량에 대해 조사하고 모형연구를 실시하였다. Dongol(1989)은 부유잡목으로 인해 붕괴된 12개의 교량에 대한 부유잡

목과 관계인자간의 반응에 대하여 분석하였고, Melville과 Dongol(1992)는 모래하상에 설치된 교각에 나무형태의 부유잡목이 걸린 경우의 세굴시험을 실시하고 세굴심 산정에 사용되는 교각 폭 대신 사용할 유효교각폭을 제안하였다. 국내의 경우 심우배 등(2000)는 부유잡목을 고려한 교량 경간장의 세굴심에 관한 연구를 수행하여 교량의 경간장은 최소 교각폭의 7배 이상이 되도록 하는 것이 안전하다고 하였으며, 김봉근 등(2000)은 홍수시 부유잡목이 교각의 구조적 안정성에 미치는 영향을 연구하여 대형하천보다 중소하천에 설치된 교각에서 유송잡물의 영향이 더욱 크게 나타난다고 하였다. 최계운 등(2003)은 부유잡목의 면적 및 각도 변화에 따른 교각 주위의 수위 및 유속의 변화에 관한 연구를 수행하여 교량 및 제방의 안정된 설계를 위한 부유잡목의 기초적인 특성을 파악하고자 하였다. 국내의 경우 최근 들어 유송잡물에 대한 연구가 수행되고 있으나, 매우 미진한 상황이며 부유잡목에 의한 수위변화등에 관한 연구는 거의 진행되지 못하고 있다.

본 연구에서는 교량의 건설중 가설되는 가교에 집적되는 유송잡물과 횡단교량의 가설공사시 물막이로 이용되는 시트파일로 인한 교량 상·하류간 수위 상승량을 사교천 중·하류에 위치한 선우대교에 적용하여 분석하고자 하였다.

## 2. 모의기법과 입력자료

### 2.1 모의기법

본 연구에서는 대상교량인 선우대교가 위치한 사교천 수계에서 평수량과 30년, 50년, 80년, 100년, 200년 빈도에 해당하는 5개의 홍수량에 대하여, 교량의 가설공사로 인해 설치되는 가교에 집적되는 유송잡물의 영향과 시트파일의 설치 유무에 따른 교량 상·하류간 수위상승량을 표 1과 같이 4가지 조건으로 구성하여 분석하였다.

표 1. 수위상승량을 검토하기 위한 4가지 조건

연 번	검 토 조 건	검 토 사 항
1	대상교량에 평수량이 흐르고, 교각에 시트파일이 설치되었을 때	교량시공 중 가교에 집적되는 유송잡물과, 시트파일로 인한 교량 상·하류의 수위상승량
2	대상교량에 평수량이 흐르고, 교각에 시트파일이 철거되었을 때	
3	대상교량에 빈도별 홍수량(30년, 50년, 80년, 100년, 200년)이 흐르고, 시트파일이 설치되었을 때	
4	대상교량에 빈도별 홍수량(30년, 50년, 80년, 100년, 200년)이 흐르고, 시트파일이 철거되었을 때	

## 2.2 대상교량 및 입력자료

### 2.2.1 대상교량

본 연구의 대상교량인 선우대교는 삼교천 본류의 중하류를 횡단하는 교량으로, 그림 1의 모식도에서 보는바와 같이 제 1선우대교가 시공 완료되었으며, 상류측 3.75m지점에 제 2선우대교가 시공중에 있다. 그림 1의 우측 사진은 제 1선우대교 시공중일때의 교량과 임시로 설치된 가교의 전경을 나타내며, 건설중인 제 2선우대교에도 상류측 4.5m지점에 가교가 설치된다. 그리고, 제 2선우대교는 그림 2와 같은 총 7개의 교각이 가설되며 그 중 4개의 교각은 우안 주수로에, 나머지 3개의 교각은 좌안 홍수터에 가설된다. 우안측 주수로에 가설될 4개의 교각은 물막이를 위해 그림 3과 같은 한번의 길이가 10.95m인 정사각형 시트파일 이 설치된다. 그림 4는 가교와 주수로 교각의 종단면도를 나타낸다.

### 2.2.2 입력자료의 수집

#### 가. 지형자료

본 연구에 사용된 HEC-RAS의 지형자료는 각 하천의 하천정비기본계획의 중·횡단면 자료와 1:5000

수치지도를 이용하여 구축한 “삼교천수계 유역종합치수계획 보고서(안)(건설교통부,2005)” 상의 단면을 사용하였다.

#### 나. 경계조건

본 연구에서는 각 단면에 대한 수면 종단면도를 계산하여 각 지점의 수위값을 구하는 것이 목적이므로 경계조건으로 상류부는 유량조건을 사용하고 하류부는 수위조건을 사용하였다. 상류부 경계조건인 유량조건은 평수량과 5가지 빈도의 홍수량으로 나누어 모의하였고 하류부 경계조건인 수위조건은 평수량의 경우 삼교천의 2005년의 평수위인 1.98m를 사용하였고 홍수시의 경우는 각 홍수량일때의 삼교천 내수위를 사용하였다. 각 경계조건은 “삼교천수계 유역종합치수계획 보고서(안)(건설교통부,2005)” 상의 자료를 사용하였으며 상류단 경계조건은 아래의 표 2와 같다.

#### 다. Manning의 조도계수

대상유역의 조도계수는 “삼교천수계 유역종합치수계획보고서(안)(건설교통부,2005)”의 수록값을 사용하였다. 삼교천 상류와 무한천에는 0.010을 사용하였고, 삼교천 중하류와 곡교천에는 0.030 및 0.010을 각각 사용하였다.

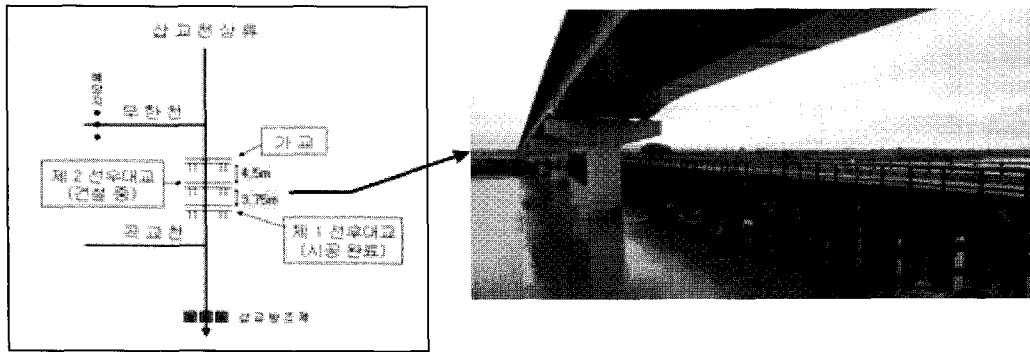


그림 1. 대상지역 모식도 및 현장사진

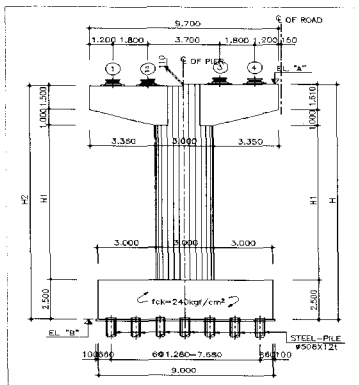


그림 2. 선우대교 교각의 정면도

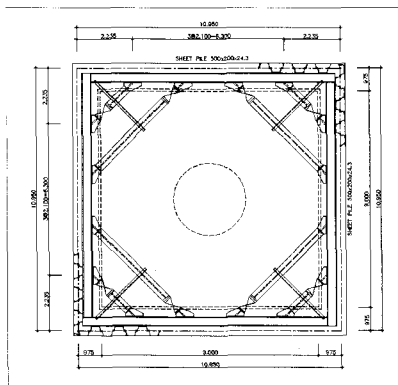


그림 3. 시트파일(Sheet pile)의 평면도

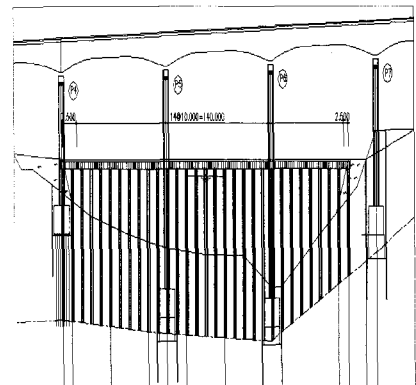


그림 4. 가교와 주수로 교각의 종단면도

표 2. 상류단 경계조건

산 정 지 점	평 수 량 ( $m^3/sec$ )	빈도별 홍수량 ( $m^3/sec$ )				
		30년	50년	80년	100년	200년
무한천 상류	740	2,052	2,254	2,440	2,528	2,797
삼교천 상류	540	1,134	1,248	1,352	1,402	1,553
삼교천 중류	1,280	3,843	4,228	4,582	4,750	5,265
곡교천 상류	430	1,417	1,551	1,674	1,773	1,913

표 3. 유송잡물에 대한 가상시나리오

시나리오	유송잡물의 크기(m)		통수단면의 횡방향 길이에 대한 유송잡물 길이의 백분율(%)	통수단면적에 대한 유송잡물의 백분율(%)	
	횡방향 길이	두께		평수량	홍수량
CASE 1	18	0.5	10	1.24	0.85
CASE 2	54	1	30	5.96	3.84
CASE 3	90	2	50	21.52	11.33
CASE 4	126	3	70	38.60	23.05

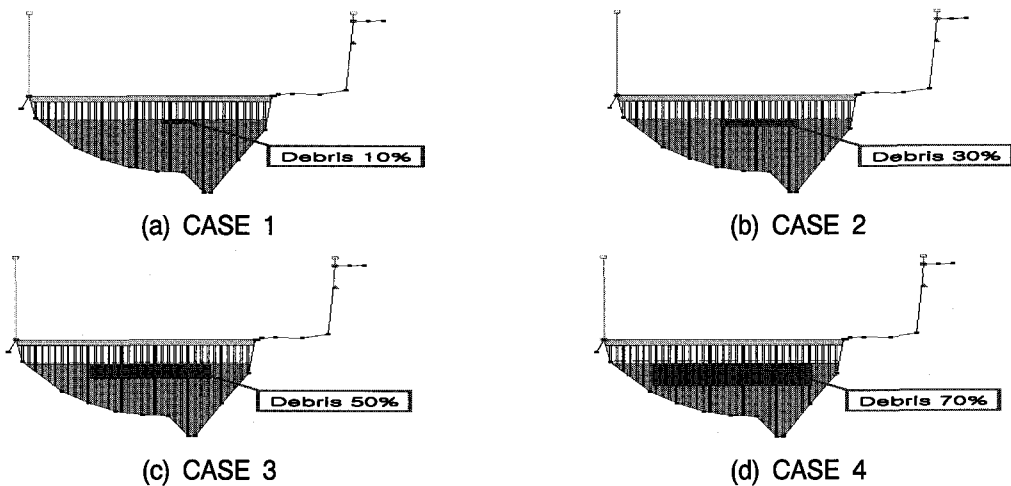


그림 5. 가교단면에 집적된 유송잡물에 대한 4가지 가상시나리오

### 2.3 유송잡물의 설정

본 연구에서는 최근 HEC-RAS에 추가된 기능인 유송잡물 설정 옵션을 사용하여 통수단면의 횡방향 길이에 대한 유송잡물의 길이를 10%, 30%, 50%, 70%와 같이 4가지 비율로 나누어 설정하고, 유송잡물의 두께를 각각 설정하여 표 3과 같이 4가지 시나리오로 구성하였다. 그림 5는 평수시에 가교단면에서 집적된 4가지 유송잡물의 가상시나리오를 나타내고 있다.

## 3. 모의결과 분석

### 3.1 교량의 시공 중 평수시 수위상승 검토

평수량일 때 교량의 시공 중 사용되는 가교와 시트

파일을 고려하여 가교에 집적되는 유송잡물의 양에 따라 상하류의 수위상승량을 모의한 결과 표 4과 같이 수위차가 0.18m 혹은 그 이하로 나타나 평수시에는 교량의 가설공사가 수위상승에 크게 영향을 주지 않는 것으로 분석되었으며, 시트파일이 철거되고 가교만 남아있을 경우, 표 5와 같이 최대 수위차가 0.16m로 나타났으며, 이는 시트파일의 유무가 평수시에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 분석된다.

### 3.2 교량의 시공 중 홍수시 수위상승 검토

평수량 적용과 동일한 방법으로, 교량의 시공 중 사용되는 가교와 시트파일을 고려하여 가교에 집적되는 유송잡물의 양에 따라 4가지 시나리오로 구분하고, 빈도별 홍수량을 적용하여 상하류의 수위상승량을 검토하였다. 모의결과는 표 6과 표 7에 나타내었으며, 이를

**표 4. 시트파일 설치(평수시)**

누가거리(m)	시나리오별 수면고 (EL.m)			
	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
기준상류점 (0m)	2.93	2.94	2.98	3.20
5.00m	2.93	2.93	2.98	3.20
5.50m	가 교			
9.50m	2.91	2.91	2.93	3.06
10.00m	제2선우대교			
13.25m	2.88	2.88	2.90	3.03
13.50m	2.88	2.88	2.90	3.03
13.75m	제1선우대교			
18.75m	2.87	2.87	2.89	3.02
상하류 수면고 차이(m)	0.06	0.07	0.09	0.18

**표 5. 시트파일 철거(평수시)**

누가거리(m)	시나리오별 수면고 (EL.m)			
	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
기준상류점 (0m)	2.91	2.94	2.96	3.13
5.00m	2.91	2.94	2.96	3.13
5.50m	가 교			
9.50m	2.89	2.91	2.91	3.00
10.00m	제2선우대교			
13.25m	2.88	2.90	2.90	2.99
13.50m	2.88	2.90	2.90	2.99
13.75m	제1선우대교			
18.75m	2.87	2.88	2.88	2.97
상하류 수면고 차이(m)	0.04	0.06	0.08	0.16

그래프로 도시화한 것이 그림 6과 그림 7이다. 표 6, 7과 그림 6, 7에서와 같이, 유송잡물의 크기가 증가할 수록 상하류 수면고 차이 역시 증가하였으며 80년 빈도이상의 유량과 CASE 4의 조건에서는 수위차가 1m이상의 큰 차이를 보였다. 이 모의결과는 교량의 건설중 가교에 집적되는 유송잡물이 수위상승에 큰 영향을 주는 것으로 분석되며 시트파일에 의한 수위 상승효과는 0.1m 이하로 평수량 적용시와 마찬가지로

로 영향이 작은 것으로 분석되었다.

### 3.3 홍수시 여유고 검토

교량 설치시 고려해야할 또 한가지 사항은 하천의 수위가 교량을 넘지 않도록 하는 여유고이다. 여유고는 홍수시 수위상승에 대하여 안전성을 유지하도록 하는 높이로 대부분 하천의 홍수량에 따라 결정하도록 하고 있다. “도로교설계요령” (한국도로공사, 2001)을 살펴

**표 6. 시트파일 설치(홍수시)**

빈도별 홍수량 ( $m^3/sec$ )	시나리오 별 상하류 수면고 차이(m)			
	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
30년	0.48	0.51	0.64	0.87
50년	0.56	0.59	0.72	0.98
80년	0.62	0.67	0.82	1.08
100년	0.65	0.70	0.84	1.12
200년	0.77	0.84	1.01	1.30

**표 7. 시트파일 철거(홍수시)**

빈도별 홍수량 ( $m^3/sec$ )	시나리오 별 상하류 수면고 차이(m)			
	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
30년	0.43	0.47	0.59	0.82
50년	0.50	0.54	0.68	0.93
80년	0.56	0.61	0.75	1.02
100년	0.58	0.63	0.77	1.07
200년	0.68	0.74	0.91	1.23

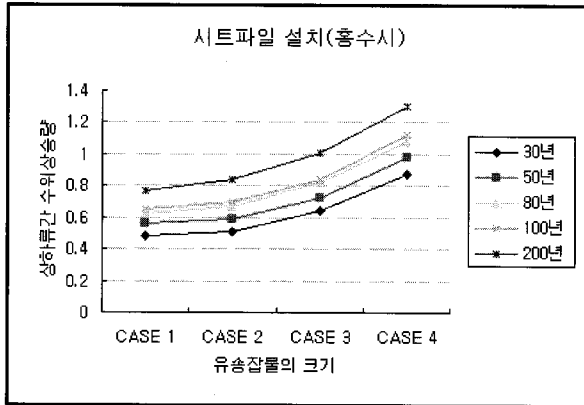


그림 6. 빈도별 홍수량과 유송잡물의 크기조건에 따른 상하류 수면고 차이변화 (시트파일 설치시)

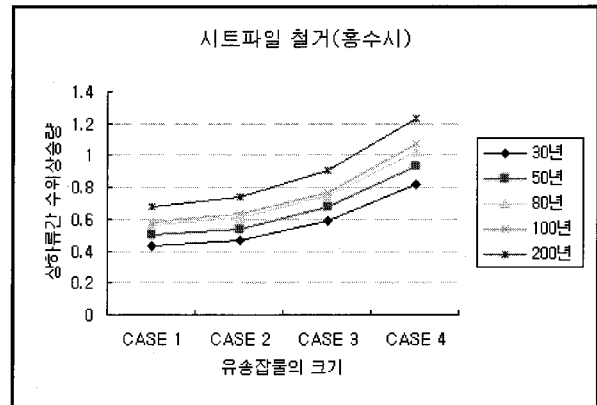


그림 7. 빈도별 홍수량과 유송잡물의 크기조건에 따른 상하류 수면고 차이변화 (시트파일 철거시)

보편 교량의 여유고에 있어서 교량의 형하고는 계획 홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 할 것으로 제안하고 있다. “하천공사표준시방서” (건설교통부, 1999)에서는 제방의 경우 여유고를 하천의 홍수량에 따라 결정하도록 제안하고 있으며 교량 등의 구조물을 설치하는 경우에는 계획홍수위에 여유고를 더하도록 제안하고 있다. “도로설계요령” 과 “하천공사표준시방서” 에서 제안하고 있는 교량의 여유고에 적용하면 여유고를 1.2m이상 두어야 하므로 각 홍수량의 최대 수위상승량인 1.30m를 더하여 확인한 결과 대상교량에서 최소 2m이상의 여유가 있는 것으로 확인되었다. 따라서 대상교량인 제 2선우대교는 유송잡물의 집적에 따른 월류흐름에는 충분한 안전성이 있는 것으로 분석되었다.

되는 유송잡물로 인하여 상하류의 수위상승량의 영향이 큰 것으로 나타나, 가교로 인한 상류부의 수위상승량을 “하천설계기준(건설교통부,2005)” 에서 제시한 국가하천의 설계홍수량인 100년 빈도의 홍수량과 각 시나리오별 유송잡물의 영향을 고려하여 수위상승량을 분석하였다. 분석은 가교설치 및 해체에 대한 모의결과를 비교하여 분석하였으며, 그림 8은 가교에 집적되는 유송잡물의 영향(CASE 4)을 고려한 상류부 수면곡선이며 그림 9는 가교 철거시, 유송잡물에 대한 영향을 고려하지 않은 상류부 수면곡선이다. 모의결과 표 8과 같이 유송잡물의 영향으로 인해 CASE 4의 조건시 가교단면에서 0.92m, 상류 5km지점에서 0.56m, 상류 15km지점에서 0.51m의 수위상승량을 보였으며 상류 17.84km지점까지 홍수위 증가에 영향을 미치는 것으로 모의되었다.

### 3.4 시나리오 별 상류부 수위상승량 검토

교량의 시공 중 홍수량을 적용한 결과 가교에 집적

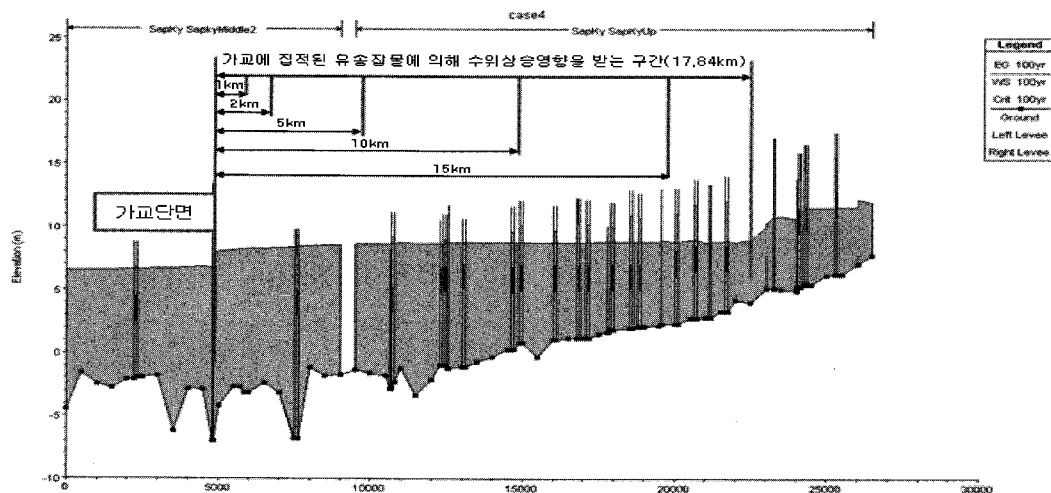


그림 8. 가교에 집적되는 유송잡물의 영향을 고려한 상류부 수면곡선(100년 빈도/CASE 4)

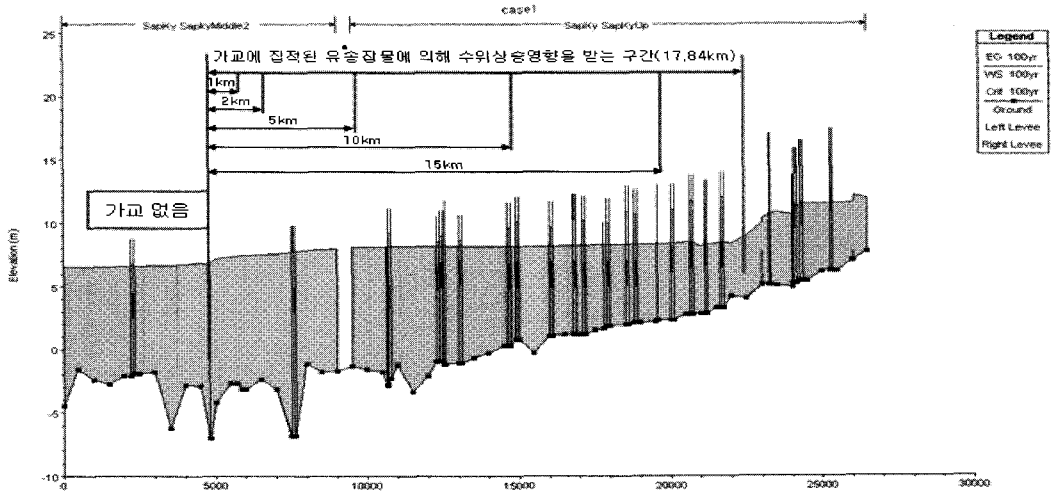


그림 9. 가교철거시 상류부 수면곡선 (100년 빈도/유송잡물의 영향을 고려하지 않음)

표 8. 가교로 인한 상류부 수위상승량(시트파일 설치, 100년 빈도)

가교로부터의 거리 (상류방향으로)	수 위 상 승 량(EL.m)			
	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
가교단면	0.37	0.49	0.63	0.92
1 km	0.34	0.40	0.52	0.76
2 km	0.33	0.37	0.49	0.72
5 km	0.25	0.29	0.37	0.56
10 km	0.24	0.28	0.36	0.55
15 km	0.22	0.25	0.33	0.51
17.84 km	0	0	0	0

#### 4. 결 론

본 연구에서는 교량의 건설 중 발생하는 유송잡물과 시트파일의 영향을 고려하여 상하류의 수위상승 영향을 모의하였으며, 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 평수량을 적용하여 교량의 시공 중 사용되는 가교에 집적되는 유송잡물과 시트파일의 영향을 고려하여 상하류의 수위상승량을 모의한 결과 상·하류 수위차가 0.18m 이하로 나타나 평수기 기간에는 교량의 가설공사가 수위상승에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 시트파일(sheet pile)의 영향 또한 미미한 것으로 분석되었다.
2. 홍수량을 적용하였을 때는, 평수량을 적용하였을 때와 같이 시트파일의 영향은 0.1m이하로 적은 것으로 나타났다. 하지만 80년 빈도 이상의 홍수시 유송잡물의 영향(CASE 4)으로 인하여 상·하류간 최대수위상승량이 1m이상 발생하는 것

으로 모의되었다. 그러므로 가교를 이용한 시공은 건기에 실시하는 것이 홍수로 야기되는 수위상승으로 인한 피해를 막을 수 있는 하나의 대책이 될 것으로 판단된다.

3. 100년 빈도의 홍수량과 유송잡물의 크기에 따른 4가지 시나리오로 가교단면으로부터의 수위상승량을 검토한 결과 유송잡물의 크기가 증가함에 따라 수위상승량이 증가하는 것으로 분석되었으며, CASE 4의 조건시 가교단면에서 0.92m, 상류 5km지점에서 0.56m, 상류 15km지점에서 0.51m의 수위상승량을 보였으며 상류 17.84 km지점까지 영향을 미치는 것으로 모의되었다. 따라서 유송잡물이 집적되기 시작하는 초기에 지속적으로 제거하는 것이 수위상승에 의한 피해를 줄이는 가장 간단하고 바람직한 방법으로 판단되며, 앞으로 유송잡물 집적의 정량적인 분석을 통한 구조적 설계기준 제시 및 구체적인 대책마련이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 건설교통부 (1999) 하천시설공사표준시방서.
- 건설교통부 (2005) 삽교천수계 유역종합치수 계획 보고서(안). 대전지방국토관리청.
- 건설교통부 (2005) 하천설계기준2005. 한국수자원 학회.
- 국립방재연구소 (2001) 충북부지역 시설물 피해 현 황조사 보고서.
- 김봉근, 오금호, 이상호 (2000) 홍수시 유송잡물의 집적이 중소하천에 위치한 교각의 구조적 안정성 에 미치는 영향. 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp. 123-131.
- 심우배, 오금호, 이상호 (2000) 유송잡물의 영향을 고려한 교량 경간장의 세굴심 감소효과에 관한 연 구. 방재연구논문집, 제2권, 제4호, pp. 133-140.
- 최계운, 김기형, 박용섭 (2003). 교각 주위내 부유잡 목에 의한 수위 및 유속변화에 관한 연구. 한국수자 원학회논문집, 제 36권, 제2호, pp. 273-284.
- 한국도로공사 (2001) 도로설계요령 제3편 교량편.
- 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.
- Foster, J.E. (1988) *Jefferson Barracks Bridge, Movable-Bed Model Study*, Vicksburg, Mississippi, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Miscellaneous Paper HL-88-7.
- Laursen, E.M, and Toch, A. (1956) *Scour around Bridge Piers and Abutments*. Iowa Highway Research Board, Bulletin No. 4.
- Melville, B.W. and Dongol, D.M. (1992) Bridge Pier Scour with Debris Accumulation, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 118, No. 9, pp. 1306-1310.

- ◎ 논문접수일 : 2007년 09월 28일  
◎ 심사의뢰일 : 2007년 10월 01일  
◎ 심사완료일 : 2007년 10월 22일