Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 3 pp. 31-41, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.3.31
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

소교량 유송잡물 저감시설의 비교 분석 연구

김성중[1], 정도준[2], 강준구[1], 여홍구[1], 김종태[1*]
[1]한국건설기술연구원 하천실험센터, [2]국립재난안전연구원

A Study on the Comparison and Analysis of Debris Reduction System on Small Bridge

Sung-Joong Kim[1], Do-Joon Jung[2], Joon-Gu Kang[1], Hong-Koo Yeo[1], Jong-Tae Kim[1*]
[1]River Experiment Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
[2]National Disaster Management Institute

요 약 홍수 시 하천을 따라 이동하는 유송잡물로 인해 교량을 비롯한 구조물 피해가 급증하고 있다. 따라서 본 연구에서는 유송잡물 저감시설인 수직분리대, 우회말뚝, 스위퍼를 제작하여 실험수로에서 저감시설 유무에 대한 집적실험을 실시하였다. 수직분리대는 교량에 집적되는 유송잡물에 평행 흐름을 발생시켜 이를 통과시키는 저감시설로써 목재를 이용해 제작하였으며, 우회말뚝은 유송잡물의 방향을 우회시키는 방식으로 강파이프를 이용해 제작하였다. 스위퍼는 스크류 형태의 원통형 구조물이 흐름에 의한 자력 회전으로 유송잡물을 통과시키는 방법으로 아크릴을 이용하여 제작하였다. 실험은 유송잡물의 경도 및 투하 방법에 따른 집적 정도를 분석하여 저감시설의 집적률을 비교하는 방법으로 수행하였으며 5회 반복실험을 수행하였다. 실험결과 저감시설의 종류, 유송잡물 형태 등에 따라 차이가 있는 것으로 나타났으며 초기 유송잡물이 집적되는 형태에 따라 크게 좌우되는 경우가 많았다. 교량에 대한 직접적인 저감효과는 우회말뚝, 스위퍼, 수직분리대 순으로 나타났지만 우회말뚝의 경우 말뚝에 직접 집적되는 유송잡물로 인하여 흐름교란, 수위 및 하상변동, 말뚝의 유실 등으로 인한 피해가 발생할 수 있으므로 이를 고려한 설계가 필요하다.

Abstract Damage to structures, such as bridge piers, are increasing rapidly due to the debris moving along rivers at the time of flooding. Therefore, the debris fin, debris deflector and debris sweeper, which are debris reduction systems, were produced in this study and an accumulation experiment was carried out on the experimental channel according to the existence of the reduction system. The debris fin is the reduction system that creates parallel flow on debris accumulated on the bridge to pass through the bridge, which was produced using wood. In addition, the debris deflector was produced using steel pipes and it has the type of detouring the direction of debris. The debris sweeper passes the debris using the magnetic force rotation of a screw-shaped cylindrical structure by water flow and it was produced using acrylic material. The experiment was carried out by analyzing the level of accumulation according to the hardness and dropping method of the debris and comparing the accumulation rate of reduction systems, and the experiment was carried out 5 times. According to the experimental results, there was a difference in the accumulation rate according to the type of reduction system and the shape of debris, and it often depended significantly on the initial shape of debris accumulation. The direct debris reduction effect on the bridge was higher in the order of the debris deflector, debris sweeper and debris fin, but in case of the debris deflector, damage, such as stream turbulence, changes in water level and river bed, and the loss of deflector can occur due to debris accumulated directly on the debris deflector. Therefore, it is necessary to design the debris deflector considering these issues.

Keywords : Bridge pier, Debris reduction, Debris deflector, Debris fin, Debris sweeper

본 논문은 국민안전처 국립재난안전연구원의 지원(NDMI-주요-2015-01-02-03-02)에 의해 수행되었습니다.
*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(KICT)
Tel: +82-54-843-1803 email: kjt98@kict.re.kr
Received January 26, 2016 Revised March 2, 2016
Accepted March 3, 2016 Published March 31, 2016

1. 서론

최근 홍수 시 하천을 따라 이동하는 유송잡물로 인해 구조물 피해가 급증하고 있는 상황이다. 국내의 경우 교량의 붕괴원인 중 18%가 홍수 시 유송잡물에 의한 영향으로 조사되었으며, 2001년 집중호우로 인한 21개의 피해교량 중 62%가 유송잡물에 의한 영향이 직간접적으로 피해원인을 제공한 것으로 조사되었다[1]. 유송잡물은 교량 홍수피해의 주요 원인 중 하나이며 세굴심의 증가를 유발한다. 또한 교각에 작용하는 하중을 증가시키며 통수단면의 부족을 유발하여 유수가 교량을 월류하는 현상을 초래하기도 한다[2]. 따라서 강우형태의 변화로 인해 대규모의 홍수 피해가 증가하면서 이에 대한 대책마련이 시급하다.

유송잡물에 대한 연구동향을 살펴보면 Melville and Dongol[3]은 모래하상에 설치된 교각에 나무형태의 부유잡목이 걸린 경우의 세굴실험을 실시하고 세굴심 산정에 사용되는 교각폭 대신 유효교각폭을 제안하였며 Gippel[4]은 하천에서 유송잡물에 의한 수리학적인 변화에 대해 연구하여 홍수 발생 시 유송잡물 관리를 위한 방법을 제시하였다. 미연방도로국[5]은 유송잡물을 제거하거나 관리하기 위한 다양한 방법 뿐만 아니라 유송잡물 차단시설에 대한 설치방법과 유송잡물별 최적의 차단시설을 선정하고 설계조건을 제안하였다. 또한 유송잡물에 의한 마찰계수 등 수리학적인 변화에 대한 연구도 다수 발표되고 있는 실정이다[6-10]).

국내의 경우 전상미 등[11]은 유송잡물 차단 및 교량 세굴 저감을 위한 희생말뚝 효과에 대해 실험연구를 수행하여 유송잡물 차단에 대한 효과를 확인하였으며 김수전 외[12]는 교각에 집적되는 유송잡물의 영향으로 인해 발생할 수 있는 홍수피해 규모를 해석하였으며 분석결과 교각의 개수 조절과 경간장 확보 등이 필요하다고 주장하였다. 특히 최계운 외[13]는 현재 국내 하천 및 도로설계 기준과 요령 등에서 홍수량에 따른 교량 설계 및 유송잡물에 대한 설계조건을 제시하고 있지만 차단시설의 적용에 대한 추가 연구의 필요성을 제안하였다.

유송잡물은 지역별 기후와 식생 조건 등에 따라 크기, 경도 등이 달라지므로 지역조건에 적합한 교량 건설과 차단시설 설치가 필요하다. 그러나 현재 국내에서는 유송잡물의 배수영향에 의한 홍수피해 및 세굴 등에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 교량 시설물 피해저감을 위한 유송잡물 차단시설에 대한 연구는 일부 시행되었으나 성능에 대한 실험연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 미연방도로국의 유송잡물 저감시설 중 효율적이며 국내 소하천을 대상으로 설치가 가능한 수직분리대(debris fin), 우회말뚝(debris deflector), 스위퍼(debris sweeper)를 선정하여 모형실험을 수행하였다. 또한 유송잡물의 경도 및 투하방법에 따른 집적정도를 분석하고 저감시설의 성능을 비교하였다.

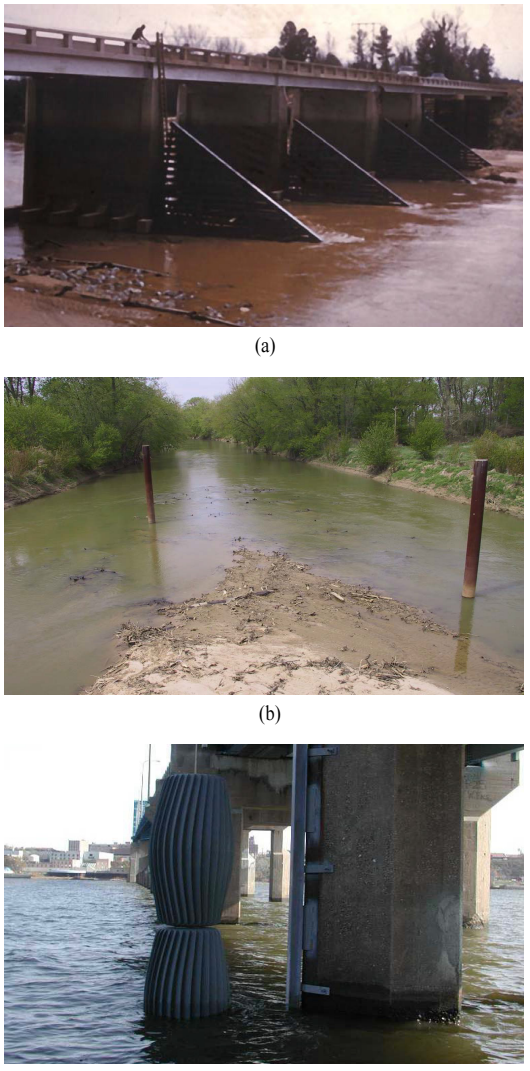
2. 모형제작 및 실험방법

2.1 유송잡물 저감시설

하천주변에는 유송잡물의 가능성이 높은 재료들이 산재해 있다. 벌목으로 인한 유목, 주변에 버려진 생활쓰레기, 유수로 인해 훼손된 목본류(나뭇가지), 초본류 등이 대표적 유송잡물로 이들 대부분은 홍수 시 유수와 함께 하천을 유하한다. 이렇게 유하된 유송잡물은 하천을 횡단하거나 하천 내 설치된 구조물에 집적이 이루어지면서 하천통수능 저감, 구조물의 항력증가 등으로 인해 수위를 상승시키거나 구조물 주변 세굴, 파괴 등을 발생시키게 된다.

따라서 이러한 피해 및 하천구조물의 안전성을 확보하기 위해서는 유송잡물이 집적되지 않기 위한 대책이 필요하다. 이러한 유송잡물로 인한 피해를 저감하기 위한 대표적인 방법은 유송잡물이 구조물에 집적되지 않도록 저감시설을 설치하는 것이다. 유송잡물 저감시설의 원리는 유수로 인해 유하되는 유송잡물을 구조물 주변에서 시설을 통해 우회 또는 회피시켜 구조물을 보호하는 것이다.

유송잡물 저감시설은 미연방도로국[5]에서 교각 구조물에 대해 3가지 형태를 소개하고 있다. 첫 번째 수직분리대 방식(Fig. 1(a))은 일반적으로 상류단방향으로 교각 전면부에 설치되며 수심을 고려하여 삼각형 형태로 각 교각의 중앙부에 부착된다. 두 번째 우회말뚝 방식(Fig. 1(b))은 교각 상류에 위치하면서 유송잡물의 방향을 우회시키는 방법으로 말뚝시설의 가장 큰 효과는 유송잡물을 흐름방향에 따라 조절이 가능하다는 것이다. 세 번째 스위퍼 방식(Fig. 1(c))은 원통 형태의 나선형 구조로써 폴리에틸렌 모형을 교량 상류방향에 수직으로 스테인리스 케이블 등에 부착하여 수심에 따라 수직 이동이 가능한 방식이다.



(a)

(b)

(c)

Fig. 1. Debris countermeasures(reduction system) on bridge[5]
(a) Debris fin, (b) Debris deflector, (c) Debris sweeper

2.2 실험수로 및 저감시설 모형

유송잡물 저감시설 실험은 2.0 m의 폭과 50.0 m의 길이의 직선수로에서 수행하였다. 실험수로는 최대 0.3 m^3/s의 유량 공급 능력을 갖추고 있으며 30.0 m 구간은 유리벽으로 이루어져 있다. 유송잡물 저감시설 모형실험을 위한 교각 모형은 유송잡물로 인한 집적 가능성이 높은 직사각형 모양의 교각형태를 선택하였으며, 소교량 표준단면도[14]를 참조하여 1/4의 축척을 갖는 모형교량을 제작하였다(폭 0.2 m, 경간장 0.8 m). 저감시설 모형은 설계조건과 축척에 맞게 제작하였다. 수직분리대는 교량에 집적되는 유송잡물에 평행흐름을 발생시켜 이를 통과시키는 저감시설로써 목재를 이용해 제작하였으며, 말뚝시설은 유송잡물의 방향을 우회시키는 방식으로 교각으로부터 상류단 방향으로 이격시켜 설치되는 보조교각 또는 희생말뚝 형태로 설치되는 구조물로 강파이프(steel pipe)를 이용해 제작하였다. 스위퍼는 스크류 형태의 원통형 구조물이 흐름에 의한 자력회전으로 유송잡물을 통과시키는 방법으로 아크릴을 이용하여 제작하였다. Fig. 2는 저감시설의 제원이며 Fig. 3은 실험수로에 설치된 저감시설을 나타낸다.

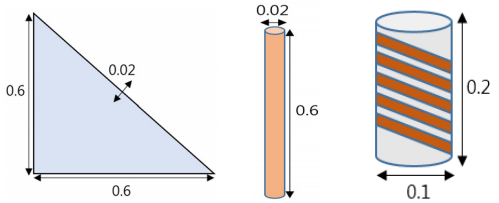


Fig. 2. Specification of debris reduction system (m)
(a)debris fin (b)debris deflector (c)debris sweeper

(a)

(b)

(c)

Fig. 3. Installation of debris reduction system (a)debris fin (b)debris deflector (c)debris sweeper

2.3 실험조건 및 방법

본 연구는 저감시설 유무에 따른 유송잡물의 집적률을 비교하는 실험연구로써 유송잡물은 경도(hardness)에 따라 soft 형태와 hard 형태로 나누어 실험을 수행하였다. 유송잡물의 길이는 교각의 경간장을 고려하여 0.80 m로 선정하였으며 두께는 0.30×10^{-2} m ~ 0.60×10^{-2} m로 측정되었다. 총 300개의 유송잡물을 이용해 실험을 실시하였으며 실험 종료 후 유송잡물을 회수하고 다시 실험하는 방식으로 총 5회 반복실험을 수행하였다.

유송잡물로 인한 수위상승 및 모형교각에서의 월류를 검토하기 위해 예비실험을 수행하였으며 유송잡물의 집적이 유리한 저유속 조건을 선정함으로써 저감시설의 효과를 검증하고자 하였다. 본 실험에서 측정된 유입부 평균유속은 교각 상류에서 0.32 m/s ~ 0.40 m/s로 측정되었다. 유송잡물은 저감시설 3.00 m 상류에서 투하하였으며 유송잡물 유하량에 따른 집적률을 비교하기 위해 유송잡물을 1개씩, 10개씩 투하하는 2가지 방법을 선택하여 실험을 실시하였다. 실험결과의 정확한 분석을 위해 현장관측 및 동영상 촬영을 병행함으로써 유송잡물의 통과 및 차단수를 측정하였다. 아래의 Table 1은 실험조건을 나타낸다.

3. 실험내용 및 결과

3.1 저감시설 없는 경우

유송잡물 저감시설이 없는 경우에 대해 실험을 수행하였다. 실험결과 저감시설이 없는 경우 유송잡물은 형태 및 투하방법에 관계없이 대부분 교량에 집적되었다. 5회 반복실험에 대한 평균 분석 결과 최소 집적률은 soft 형태에서 1개씩 투하할 경우(97.9%) 이며 최대 집적률은 soft 형태에서 10개씩 투하할 경우(99.2%)로 나타났다. 각 형태별 10개씩 투하할 경우 1개씩 투하한 경우보다 집적률이 조금 높게 나타났지만 차이는 크지 않았다. Table 2는 저감시설이 없는 경우 실험 결과이며 Fig. 4는 저감시설이 없는 경우 유송잡물의 형태에 따른 실험결과를 나타낸다.

3.2 수직분리대 설치

교량 내 유송잡물 저감시설인 수직분리대(debris fin)를 설치한 후 집적 실험을 수행하였다. 실험결과 soft 형태에서 1개씩 투하할 경우 91.3%가 집적되며 10개씩 투하할 경우 98.7%가 집적되었다. hard 형태의 유송잡물이 10개씩 투하될 경우 집적이 가장 높았다. 또한 10개씩 투하할 경우 100% 집적되는 case도 soft 형태와 hard 형태에서 각각 3회, 1회 나타났다. 이는 수직분리대의 경우 유송잡물 형태 뿐만 아니라 유송잡물의 부피도 고려되어야함을 보여준다.

Table 3은 수직분리대 설치 시 유송잡물 실험 결과이며 Fig. 5는 유송잡물의 형태에 따른 실험 결과를 나타낸다.

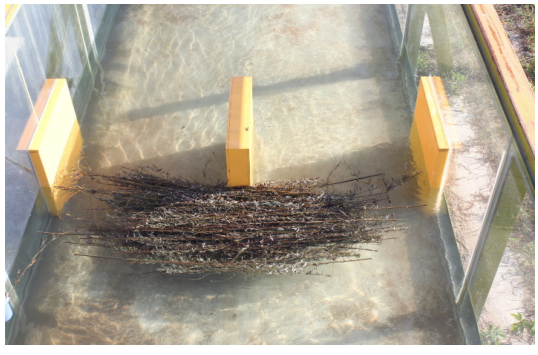
Table 1. Condition of experiment

Debris type	Debris reduction system	Total number of debris	Debris (m)		Depth (m)	Velocity (m/s)
			Length	Width		
Soft	None	300	0.80	0.30×10^{-2} ~ 0.60×10^{-2}	0.30	0.32 ~ 0.40
	Fin					
	Deflector					
	Sweeper					
Hard	None					
	Fin					
	Deflector					
	Sweeper					

Table 2. Comparison of debris accumulation(No reduction system)

Debris type	Dropping method	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	accumulation rate(%)
soft	1	1	300	300.0	0.0	100.0
		2		272.0	28.0	90.7
		3		299.0	1.0	99.7
		4		297.0	3.0	99.0
		5		300.0	0.0	100.0
		Average		293.6	6.4	97.9
	10	1		288.0	12.0	96.0
		2		300.0	0.0	100.0
		3		300.0	0.0	100.0
		4		300.0	0.0	100.0
		5		300.0	0.0	100.0
		Average		297.6	2.4	99.2
hard	1	1	300	279.0	21.0	93.0
		2		299.0	1.0	99.7
		3		299.0	1.0	99.7
		4		300.0	0.0	100.0
		5		293.0	7.0	97.7
		Average		294.0	6.0	98.0
	10	1		280.0	20.0	93.3
		2		300.0	0.0	100.0
		3		300.0	0.0	100.0
		4		300.0	0.0	100.0
		5		300.0	0.0	100.0
		Average		296.0	4.0	98.7

(a)



(b)

Fig. 4. Result of experiment(No reduction system)
(a) soft type (b) hard type

Table 3. Result of experiment on the debris fin installation

Debris type	Dropping method	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	accumulation rate(%)
soft	1	1	300	296.0	4.0	98.7
		2		294.0	6.0	98.0
		3		266.0	34.0	88.7
		4		260.0	40.0	86.7
		5		253.0	47.0	84.3
		Average		273.8	26.2	91.3
	10	1		290.0	10.0	96.7
		2		300.0	0.0	100.0
		3		300.0	0.0	100.0
		4		290.0	10.0	96.7
		5		300.0	0.0	100.0
		Average		296.0	4.0	98.7
hard	1	1	300	262.0	38.0	87.3
		2		236.0	64.0	78.7
		3		266.0	34.0	88.7
		4		297.0	3.0	99.0
		5		273.0	27.0	91.0
		Average		266.8	33.2	88.9
	10	1		298.0	2.0	99.3
		2		270.0	30.0	90.0
		3		260.0	40.0	86.7
		4		220.0	80.0	73.3
		5		300.0	0.0	100.0
		Average		269.6	30.4	89.9

(a) (b)

Fig. 5. Result of experiment(debris fin)
(a) soft type (b) hard type

3.3 우회말뚝 설치

교량 내 유송잡물 저감시설인 우회말뚝(debris deflector)을 설치한 후 집적 실험을 수행하였다. 우회말뚝의 경우 단일 말뚝으로써 교각 기준 1 m 상류에 설치하였다.

본 연구에서는 교량에 직접적으로 집적되는 유송잡물을 비교하는 연구이므로 말뚝에 직접 집적되는 유송잡물은 저감시설의 저감효과로 적용하여 집적률을 계산하였다. 실험 결과 대부분 말뚝에 집적되거나 우회되어 교량을 통과하는 것으로 나타났다. Soft 형태에서 1개 및 10개씩 투하할 경우 교각에 대한 집적률은 각각 0.1%, 0.0%로 매우 낮았으며 hard 형태에서 1개, 10개씩 투하할 경우 각각 4.2%, 2.0%로 나타났다. soft 형태에 비해 hard 형태에서 교량 집적률이 높게 나타났지만 차이는 크지 않는 것으로 판단된다. 아래의 Table 4는 우회말뚝 설치 시 유송잡물 실험 결과이며 Fig. 6은 유송잡물의 형태에 따른 실험 결과를 나타낸다.

3.4 스위퍼 설치

교량 내 유송잡물 저감시설인 스위퍼(debris sweeper)를 설치한 후 집적 실험을 수행하였다. 스위퍼를 설치할 경우 soft type에서 1개, 10개씩 투하할 경우 각각 5.3%, 0.8%가 집적되며 hard type에서는 1개, 10개씩 투하할 경우 각각 16.3%, 0.0%가 집적되었다. 실험 결과 대부분의 유송잡물이 스위퍼의 자력회전에 의해 우회되었으나 hard 형태에서 1개씩 투하할 경우 집적량이 다소 높게 나타났다. 아래의 Table 5는 스위퍼 설치 시 유송잡물 실험 결과이며 Fig. 7은 유송잡물의 형태에 따른 실험 결과를 나타낸다.

3.5 결과 분석

유송잡물 저감시설 유무에 대한 실험분석 결과 저감시설의 종류, 유송잡물 형태 등에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 6, Fig. 8). 저감시설이 없는 경우를 기준으로 유송잡물의 집적률을 분석한 결과 수직분리대는 유송잡물의 형태와 투하방법에 관계없이 집적률이 높게 나타났으며 저감시설이 없는 경우와 큰 차이가 없었다. 우회말뚝은 유송잡물 형태 및 투하방법에 관계없이 높은 저감효과를 보였다. 스위퍼는 hard 형태에서 1개씩 투하할 경우 16.63%의 집적률을 보였으나 10개씩 투하하면 집적되는 유송잡물이 0.00%였다. Soft 형태의 유송잡물도 저감시설이 없는 경우와 비교 시 높은 저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

3개 저감시설에 대한 분석결과 유송잡물로 인한 교각에서의 집적 저감효과는 유송잡물의 형태에 관계없이 우회말뚝, 스위퍼, 수직분리대 순으로 높았다.

저감효과가 가장 높은 우회말뚝은 교량 상류에 말뚝이 설치되어 유송잡물이 집적되는 방식이므로 교량에 직접적인 집적이 적은 것으로 판단된다. 또한 실험 결과 우회말뚝의 본기능인 유송잡물 우회의 기능보다는 차단의 기능이 큰 것으로 확인되었다.

우회말뚝에 대한 직접적인 집적률 분석결과 soft 형태의 유송잡물은 대부분 말뚝에 집적되는 것으로 나타났으며(85.40%, 83.27%) hard 형태의 유송잡물을 1개씩, 10개씩 투하할 경우 각각 59.80%, 48.67%가 말뚝에 집적되는 것으로 나타났다. 이는 우회말뚝이 soft 형태보다 hard 형태의 유송잡물 저감에 효과적인 것을 의미한다. 그러나 우회말뚝의 경우 말뚝에 집적되는 유송잡물로 인하여 흐름교란, 수위 및 하상변동, 말뚝의 유실 등으로 인한 피해 발생 가능성이 있으므로 하상재료, 유송잡물, 이격거리 등을 고려한 말뚝시설의 설치가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

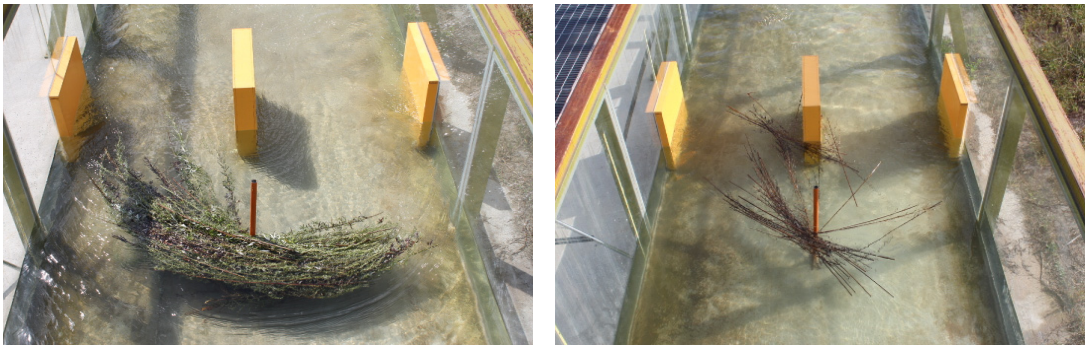
4. 결론

본 연구에서는 유송잡물의 집적을 저감할 수 있는 시설을 제작하여 모형실험을 수행하였으며 저감시설 유무에 대한 집적률을 비교하였다. 유송잡물 저감시설 유무에 대한 실험 결과 저감시설의 종류, 유송잡물 형태 등에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 각 저감시설에 대한 반복실험 결과 교각에서의 집적 저감효과는 유송잡물의 형태에 관계없이 우회말뚝, 스위퍼, 수직분리대 순으로 높게 나타났다.

그러나 우회말뚝의 경우 교량 상류에 말뚝이 설치되어 유송잡물이 집적되므로 교량에 직접적인 집적량이 적게 나타난 것으로 판단된다. 특히 말뚝에 직접 집적되는 유송잡물은 흐름의 교란, 수위 및 하상변동, 말뚝 유실로 인한 안정성 문제 등의 문제가 발생할 수 있으므로 향후 지역별 유송잡물 특성 및 수리학적인 조건 검토가 선행된 후 저감시설을 결정하는 것이 필요하다. 또한 향후 우회말뚝과 스위퍼의 실규모 실험을 통한 현장 적용 가능성을 검증하고 저감시설의 현장 적용을 위한 시스템 구축이 요구된다.

Table 4. Result of experiment on the debris deflector installation

Debris type	Dropping method	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	accumulation rate(%)
soft	1	1	300	0	300.0	0.0
		2		0	300.0	0.0
		3		0	300.0	0.0
		4		2	298.0	0.7
		5		0	300.0	0.0
		Average		0.4	299.6	0.1
	10	1		0	300.0	0.0
		2		0	300.0	0.0
		3		0	300.0	0.0
		4		0	300.0	0.0
		5		0	300.0	0.0
		Average		0.0	300.0	0.0
hard	1	1	300	37	263.0	12.3
		2		0	300.0	0.0
		3		0	300.0	0.0
		4		7	293.0	2.3
		5		19	281.0	6.3
		Average		12.6	287.4	4.2
	10	1		0	300.0	0.0
		2		0	300.0	0.0
		3		0	300.0	0.0
		4		0	300.0	0.0
		5		30	270.0	10.0
		Average		6.0	294.0	2.0



(a) (b)

Fig. 6. Result of experiment(debris deflector)
(a) soft type (b) hard type

Table 5. Result of experiment on the debris sweeper installation

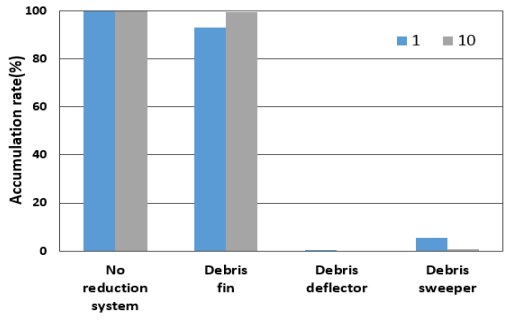
Debris type	Dropping method	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	accumulation rate(%)
soft	1	1	300	3.0	297.0	1.0
		2		47.0	253.0	15.7
		3		14.0	286.0	4.7
		4		15.0	285.0	5.0
		5		1.0	299.0	0.3
		Average		16.0	284.0	5.3
	10	1		12.0	288.0	4.0
		2		0.0	300.0	0.0
		3		0.0	300.0	0.0
		4		0.0	300.0	0.0
		5		0.0	300.0	0.0
		Average		2.4	297.6	0.8
hard	1	1	300	65.0	235.0	21.7
		2		29.0	271.0	9.7
		3		31.0	269.0	10.3
		4		73.0	227.0	24.3
		5		46.0	254.0	15.3
		Average		48.8	251.2	16.3
	10	1		0.0	300.0	0.0
		2		0.0	300.0	0.0
		3		0.0	300.0	0.0
		4		0.0	300.0	0.0
		5		0.0	300.0	0.0
		Average		0.0	300.0	0.0

(a) (b)

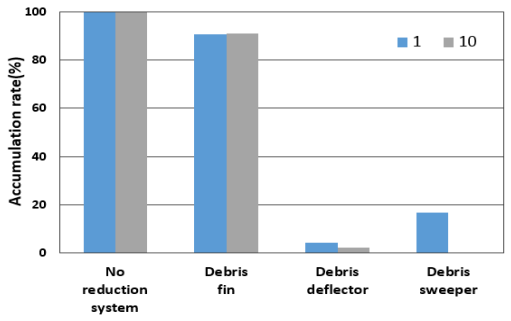
Fig. 7. Result of experiment(debris sweeper)
(a) soft type (b) hard type

Table 6. Comparison of accumulation on debris reduction system

Type	Dropping method	No reduction system (%)	Debris fin (%)	Debris deflector (%)	Debris sweeper (%)
soft	1	100.00	93.26	0.10	5.41
	10	100.00	99.50	0.00	0.81
hard	1	100.00	90.71	4.29	16.63
	10	100.00	91.08	2.03	0.00



(a)



(b)

Fig. 8. Experimental result on debris reduction system (a) soft type (b) hard type

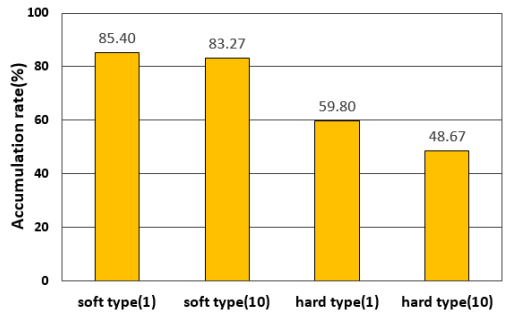


Fig. 9. Comparison of debris accumulation on debris deflector

References

[1] Y. H. Cho, S. M. Jeong, K. H. Han, K. S. Shin, "A Study for the Water Rising Effect on Flood Water Level by Debris", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.7, No.5, pp 179-186, 2007.

[2] B. G. Kim, Effects of Debris Accumulation on Bridge Pier in Streams under Flood Stage, pp. 70-71, Yonsei University, 2000.

[3] B. W. Melvill, D. M. Dongol, "Bridge Pier Scour with Debris Accumulation, Journal of hydraulic engineering, Vol.118, No.9, pp. 1306-1310, 1992.
DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1992)118:9(1306)

[4] C. Gippel, "Environmental Hydraulics of Large Woody Debris in Streams and Rivers", Journal of Environmental Engineering, Vol.121, No.5, pp. 388-395, 1995.
DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1995)121:5(388)

[5] Federal Highway Administration, Debris Control Structures, pp. 5.1-6.26, Federal Highway Administration, U.S.A., 2005.

[6] F. Shields Jr., C. Gippel, "Prediction of Effects of Woody Debris Removal on Flow Resistance", Journal of hydraulic engineering, Vol.121, No.4, pp. 341-354, 1995.
DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1995)121:4(341)

[7] C. A. Braudrick, G. E. Grant, "When Do Logs Move in Rivers?", Journal of Water Resources Research, Vol.36, No.2, pp. 571-583, 2000.
DOI: http://dx.doi.org/10.1029/1999wr900290

[8] M. Manga, J. W. Kirchner, "Stress Partitioning in Streams by Large Woody Debris", Journal of Water Resources Research, Vol.36, No.8, pp. 2373 - 2379, 2000.
DOI: http://dx.doi.org/10.1029/2000wr900153

[9] N. Wallerstein, C. Alonso, S. Bennett, C. Thorne, "Surface Wave Forces Acting on Submerged Logs", Journal of hydraulic engineering, Vol.128, No.3, pp. 349-353, 2002.
DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:3(349)

[10] R. B. Manners, M. W. Doyle, M. J. Small, "Structure and Hydraulics of Natural Woody Debris Jams", Journal of Water Resources Research, Vol.43, W06432, 2007.
DOI: http://dx.doi.org/10.1029/2006wr004910

[11] S. M. Jun, J. H. Park, J. H. Lee, K. S. Kwak, “A Hydraulic Experiment about the Effective of Sacrifice piles for Interception of Debris and Reduction of Bridge Scour, Proceeding of the KSCE, pp. 327-330, 2006.

[12] S. J. Kim, J. H. Chung, J. S. Lee, J. T. Kim, “Flood Damage Estimation causing Backwater due to the Blockage by Debris in the Bridges”, Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.7, No.4, pp. 59-66, 2007.

[13] G. W. Choi, G. H. Kim, Y. S. Park, “Changes in Water Depth and Velocity by Debris around Piers”, Journal of Korea Water Resources Association, Vol.36, No.2, pp. 273-284, 2003.
DOI: http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2003.36.2.273

[14] National Institute for Disaster Prevention, A Study on the Standard Design for Small Bridge Crossing Stream, pp. 53-90, NIDP, 2001.

김 성 중(Sung-Joong Kim) **[정회원]**

- 2003년 2월 : 상지대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>
수리학, 토목공학

정 도 준(Do-Joon Jung) **[정회원]**

- 2011년 2월 : 경일대학교 건설정보공학과 (공학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 국립재난안전연구원 시설연구사

<관심분야>
수리수문, 방재

강 준 구(Joon-Gu Kang) **[정회원]**

- 2002년 2월 : 명지대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
수리학, 토목공학

여 홍 구(Hong-Koo Yeo) **[정회원]**

- 2000년 6월 : 서울대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
수리학, 토목공학

김 종 태(Jong-Tae Kim) **[정회원]**

- 2010년 2월 : 안동대학교 지구환경과학과 (이학박사)
- 2011년 11월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구원

<관심분야>
하천수리학, 수리실험