

암거의 유송잡물 저감시설에 관한 실험 연구

김성중¹, 강준구¹, 김종태^{2*}

¹한국건설기술연구원 하천실험센터, ²경북도청 자연재난과

An Experimental Study on Debris Reduction System for Culvert

Sung-Joong Kim¹, Joon-Gu Kang¹, Jong-Tae Kim^{2*}

¹River Experiment Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Natural Disaster Division, Gyeongsangbuk Provincial Government

요 약 본 연구는 소하천에 설치된 암거를 대상으로 유송잡물 집적 방지를 위한 저감시설에 대한 실험검증 연구이다. 암거는 도심지 내부나 도심을 통과하는 도로와 철도 아래에 인공수로를 만들기 위해 매설하는 구조물로 정의되며, 일반적으로 도로 암거와 수로암거로 구분된다. 이 중 수로암거는 유수를 하천으로 배출하기 위해 인공적으로 조성되는 구조물로 홍수시 토사 또는 나뭇가지나 잡풀과 같은 유송잡물의 집적으로 인해 구조물의 안정성을 저해하고 단면폐색으로 인한 월류위험성에 노출되어 있다. 이러한 유송잡물로 인한 피해를 예방하기 위해서는 유송잡물 저감시설은 반드시 필요하다. 본 연구에서는 수리실험을 통해 기존 제시된 3가지 유송잡물 저감시설의 효과를 검토하였다. 실험결과 유송잡물을 우회시키는 방식인 수직분리대를 설치할 경우 설치 전에 비해 집적률은 27.65% ~ 31.39% 감소하는 효과가 있었으며, 유송잡물 차단이 목적인 스크린과 우회스크린은 유송잡물의 종류에 관계없이 높은 차단효과를 보였다. 그러나 수위상승에 대한 영향을 복합적으로 검토하였을 때 우회스크린방식이 우수한 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 스크린방식은 차단 효과는 좋으나 집적으로 인한 수위상승 위험성이 높아 지속적인 유송잡물의 회수를 고려해야 할 것으로 판단된다.

Abstract The purpose of this study was to verify experimentally debris reduction facilities for culverts installed in small rivers. A culvert is defined as a structure laid under a road or a railroad that passes through an inner urban area or downtown area to make an artificial canal. Culverts are generally categorized into road culverts or waterway culverts, among which the latter are artificial structures designed to discharge running water into a river. At the time of floods, the structural safety of waterway culverts can be undermined by the accumulation of debris, such as soil, boughs and weeds, and they may be at risk of overflowing due to blockages. Debris reduction facilities are necessary to prevent such damage. In this study, the effects of the three existing types of debris reduction facilities were examined through hydraulic experiments. The results of the experiments showed that vertical separation to divert debris reduced the accumulation rate by 27.65 to 31.39 percent. The two types of screen designed to block and divert debris, respectively, were found to have excellent debris blocking abilities. However, when the effects of the rising water level are considered simultaneously, the screen to divert debris was found to show superior effects. The screen to block debris can be considered to have excellent debris blocking ability, but requires the continuous collection of the debris, due to the high risk of rising water levels caused by its accumulation.

Keywords : Culvert, Debris, Debris Fins, Debris Racks, Debris Deflectors

1. 서론

홍수시 하천을 통해 유하되는 유송잡물은 교각, 암거

등 하천 내 설치되어 있는 구조물에 집적이 이루어지면 서 피해를 야기시킨다. 암거는 도심지 내부나 도심을 통 과하는 도로와 철도 아래에 인공수로를 만들기 위해 매

본 논문은 한국건설기술연구원 2017년 주요사업(20170100) 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(Gyeongsangbuk Provincial Government)

Tel: +82-54-880-2369 email: kimjongtae1@korea.kr

Received August 29, 2017 Revised September 26, 2017

Accepted October 13, 2017 Published October 31, 2017

설하는 구조물로 도로암거와 수로암거로 구분된다. 도로 암거는 일반적으로 사람 또는 차량 등의 통행을 원활하게 할 목적으로 설치되지만 수로암거는 유수를 하천으로 배출하기 위해 인공적으로 조성된다. 이러한 수로암거에서는 도심에서 발생하는 생활쓰레기, 토사 또는 나뭇가지나 잡풀과 같은 유송잡물 발생 잠재 능력이 높아 집적 및 퇴적으로 인한 피해 가능성이 높은 것이 현실이다.

유송잡물의 집적이 지속적으로 이루어질 경우 암거 주변에서는 흐름차단으로 인해 구조물의 안정성을 저해하고 수위상승으로 인한 구조물 또는 제방의 월류로 인해 인근 도심지역의 재산 및 인명피해를 발생시킬 수 있는 위험성을 가지고 있기 때문에 이러한 피해를 방지하기 위한 대책이 시급한 실정이다.

그러나 국내 설계기준에서는 유송잡물 저감시설에 대한 필요성은 언급하고 있으나 구조물의 설계는 부족하고 대부분 구조물 안정성과 관련된 기준만 제시하고 있다 (Jeon, NEMA)[1,2]. 또한, MLTMA[3]에서는 암거 설계시 고려사항으로 부유물에 의한 유입구의 정체를 피하는 것이 필요하다고 하지만 단순히 소규모 스크린의 필요성만 제시하고 있다.

연구사례에 대한 분석 결과 국내 연구는 대부분 암거의 설계방법과 이로 인한 흐름특성 분석이 주를 이루고 있다. Ham and Ryu[4]는 암거의 수리학적 계산을 통해 부등침하와 지내력이 약한 지반에서의 안정성을 확보할 수 있는 방법을 제시하였으며, Yoo and Uhm[5]은 사각형 암거 입구부에서 흐름특성을 분석하여 암거 설계를 위한 기준식을 개발하였다. 또한 Koo and Jun[6]는 부등류 흐름을 수행하여 정확한 흐름해석을 기반으로 암거 수리설계가 가능하도록 모형을 개발하였으며, Kim et al.[7]은 교량을 대상으로 수리실험을 수행하여 저감시설의 효과를 검증하였다. Jang[8]은 저류지를 대상으로 방류시설 제원 결정시 암거에서의 수리학적 검토를 수행하였으며, 한편 설계기법을 개발하였다.

국외에서는 교량 및 암거를 대상으로 유송잡물에 대한 연구가 수행되었다. Johnson et al.[9]은 교량에 집적되는 퇴적물을 해결하기 위한 구조물의 설계 방법 등을 사례를 통해 효율적인 방법을 제시하였다. 또한 다양한 크기의 유송잡물에 대한 집적정도 차이를 분석한 연구도 수행되었으며(Schmocker and Hager, Schmocker and Hager)[10,11]암거 형태에 따른 설계방법의 변경 등에 대한 연구도 수행되었다(Chin)[12]. Dasika[13]의 경우 암거 설계의 개선을 위해 원형 암거를 대상으로 단일 회귀식을 제안 하였으며, Hager[14]는 암거 입구부에서의 도수 발생에 대한 실험 및 분석을 수행하였다. 또한 암거 설치에 따른 수리학적 특성을 분석한 연구와 유송잡물 저감을 위해 암거에 설치할 수 있는 구조물 및 설계조건을 제시한 연구도 수행되었다(Meselhe and Hebert, Guven et al)[15,16]. 그러나 이론 분석을 통한 암거 설계기법 개발과 수리학적 특성 연구가 대부분이며 저감시설의 효과 및 검증은 부족하다(FHWA)[17,18].

따라서 본 연구에서는 FHWA[17]에서 제시한 유송잡물 저감시설을 암거 설계기준에 따라 제작한 후 수리실험을 수행하였으며, 각 저감시설의 효과 뿐만 아니라 집적으로 인한 수위변동 검토를 수행하였다.

2. 모형제작 및 실험조건

2.1 암거의 유송잡물 저감시설

홍수로 인한 암거의 피해는 유송잡물 집적 또는 토사 퇴적으로 인한 단면폐색이 주요 피해원인으로 나타난다. 단면폐색은 통수능 저감으로 인한 수위상승을 발생시켜 월류의 위험성을 초래하기 때문에 특히 도심시내 암거는 반드시 관리가 필요하다. 암거의 관리방안으로는 지속적인 청소로 암거내 이물질이 쌓이지 않도록 관리하는 것



Fig. 1. Debris Reduction System(FHWA, 2005) (a) debris fins (b) debris racks (c) debris deflectors

이 주요 방법이나 최적의 방법은 유송잡물이 구조물에 집적되지 않도록 하는 것이 최적의 방법일 것이다.

본 연구는 토석류 퇴적의 관점보다는 유송잡물로 인한 집적영향을 최소화 할 수 있는 저감시설에 대한 영향 검토 실험으로 구성되었다. 압거의 유송잡물 저감시설로는 FHWA[17]에서 수직분리대 방식, 스크린 방식, 우회 스크린 방식으로 소개 하고 있다. 각각의 시설에 대한 내용은 다음과 같다.

수직분리대(debris fins)는 Fig. 1(a)와 같은 형태로 되어 있으며, 평행한 흐름을 발생시켜 유송잡물을 통과시키는 방식으로 분리대는 삼각형 형태로 되어 있으며, 두께는 저감시설의 안정성을 확보할 수 있어야 하고 길이 및 끝부분의 경사는 압거 크기에 따라 달라질 수 있다.

스크린(debris racks)은 Fig. 1(b)와 같이 유송잡물을 차단하여 유입을 방지하는 방식으로써 집중호우 등으로 인한 최대 유송잡물 발생 상황에 대한 검토가 반드시 필요하다. 또한 회수 및 수거에 대한 용이성과 상류지역 유송잡물의 크기 및 형태에 대한 조사도 필요하다. 스크린은 대부분 강철 등으로 구성되지만 종류는 다양하고 무거운 유송잡물의 경우 충격을 줄이기 위해 경사를 주기도 하고 고무를 이용하기도 한다. 특히 수직으로 세워진 경우 흐름 및 유송잡물에 의한 힘을 직접 받기 때문에 콘크리트를 활용하여 기초를 잘 만들어야 한다.

우회스크린(debris deflectors)은 Fig. 1(c)와 같이 유송잡물의 유입을 차단하고 우회시키는 기능을 가지고 있으며, 홍수위 등을 고려하여 설계되어야 한다. 또한 앞부분 경사 및 높이, 각 기둥 사이의 간격 등이 고려되어야 한다.

2.2 실험수로 및 수리모형

본 연구에서는 국내·외 설계기준을 참고하여 압거와 3개의 저감시설 모형을 제작하였으며, 압거의 안정성

분석을 위해 초기실험을 수행한 후 본 실험을 실시하였다. 유송잡물 실험에 사용한 실험 수로는 폭 2.0 m 크기이며 수위 측정의 용이를 위해 측면은 강화유리로 제작하였다.

압거 모형은 국내 압거 기준(MOLIT, NEMA)[19,2]을 참고하여, 폭(B)×높이(H)가 3.0 m × 3.0 m인 2련 압거를 대상으로 1/10의 축척을 갖는 모형으로 아크릴을 이용해 제작하였다. 저감시설은 FHWA[17]에서 제시한 3개의 구조물(수직분리대, 스크린, 우회스크린)을 목재를 이용해 제작하였다. Fig. 2는 본 연구를 위해 제작한 압거에 설치된 저감시설을 나타낸다.

2.3 실험조건 및 방법

본 연구에서는 유송잡물을 경도(hardness)에 따라 soft 타입과 hard 타입으로 나누어 실험을 수행하였다. 유송잡물은 차단시설 상류(3.00 m)에서 투하했으며 유송잡물의 길이는 압거 폭(0.40 m)을 고려해 0.35 m로 선정하였다. 유송잡물은 type별 각각 300개를 사용하였으며, 1개씩 투하하는 방식으로 총 5회 반복 실험을 수행하였다. 또한 실험 전·후 압거에서 수위를 측정하였으며, 실험결과와 정확성을 높이기 위해 동영상 촬영을 병행하여 유송잡물의 통과 및 차단개수를 측정하였다. Table 1은 실험조건을 나타낸다.

Table 1. Condition of Experiment

Debris Reduction System	Initial Depth (m)	Fr	Debris		
			Total number of debris	Type	Length (m)
No Reduction system	0.20	0.32	300	hard · soft	0.35 ±0.03
Debris Fins					
Debris Racks					
Debris Deflectors					

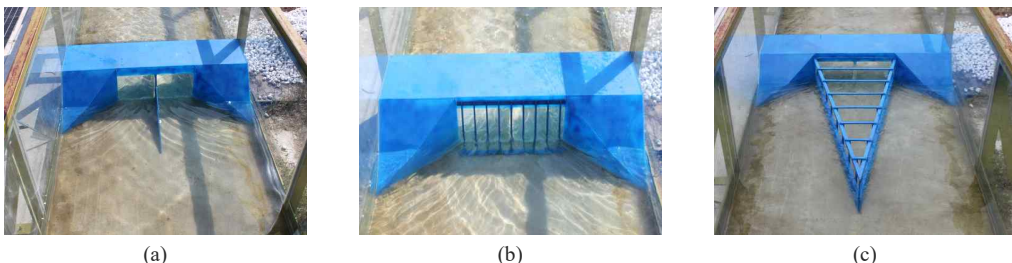


Fig. 2. Experiment Model on Debris Reduction System (a) debris fins (b) debris racks (c) debris deflectors

3. 암거대상 유송잡물 저감시설의 효과분석

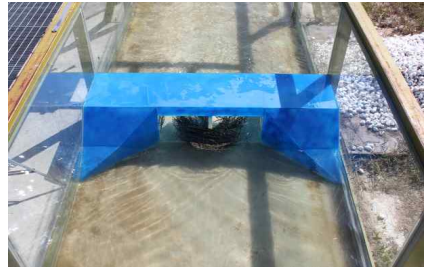
암거에 대한 유송잡물의 저감효과 분석을 위해 저감 시설이 없는 경우와 3가지 형태의 저감시설을 설치한 경우에 대해 유송잡물 집적실험을 통해 집적률을 비교하였다. 여기서, 집적률은 집적개수/총투하개수×100%로 정의하였다.

3.1 저감시설이 없는 경우(No reduction system)

저감시설이 없는 경우 유송잡물 집적형태는 Fig.3과 같다. Fig.3(a)는 hard 타입의 유송잡물이 암거에 집적된 모습을 보여준다. 그림과 같이 hard 타입은 중앙부 교각에 집적된 유송잡물이 휘어지지 않고 좌우로 넓게 펼쳐진 형태로 집적이 이루어지는 것을 알 수 있다. 반면에 soft 타입의 경우 fig.3(b)와 같이 교각을 중심으로 원형형태로 휘어져 집적되는 모습을 보이는 것으로 나타났다. 유송잡물의 집적률은 Table 2와 같다. 5회 반복실험 결과 hard 타입 유송잡물의 암거 집적률은 평균 74.73%이며 soft 타입에서 집적률은 91.33%로 나타나 soft 타입의 집적률이 높게 나타났다. 이는 soft 타입의 경우 유송잡물의 유연함으로 인해 암거의 교각부분에 아치형태로 감기면서 집적이 이루어지고 영키게 되면서 집적이 활발하게 이루어지는 것으로 확인되었다. Case 별 분석결과 hard 타입의 경우 집적률이 가장 높은 case는 95.67%, 가장 낮은 case에서는 44.67%가 집적되어 집적 범위가 넓게 나타났지만 soft 타입의 경우 case별 유사한 집적률을 보였다(85.67% ~ 94.33%). Fig. 4는 각 타입에 대한 집적률을 나타낸다.



(a)



(b)

Fig. 3. Accumulation of Debris on No Reduction System (a) hard type (b) soft type

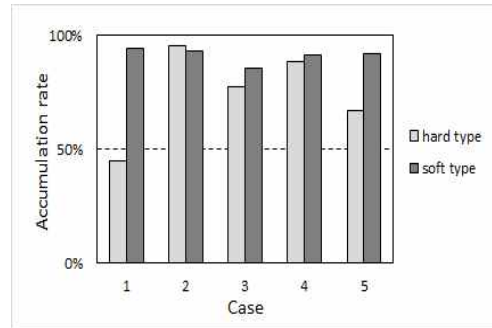


Fig. 4. Comparison of Accumulation on No Reduction System

Table 2. Result on Debris Accumulation Experiment(No Reduction System)

Debris type	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	Accumulation rate (%)
Hard	case 1	300	134.0	166.0	44.67
	case 2		287.0	13.0	95.67
	case 3		233.0	67.0	77.67
	case 4		266.0	34.0	88.67
	case 5		201.0	99.0	67.00
	Average		224.2	75.8	74.73
Soft	case 1	300	283.0	17.0	94.33
	case 2		279.0	21.0	93.00
	case 3		257.0	43.0	85.67
	case 4		275.0	25.0	91.67
	case 5		276.0	24.0	92.00
	Average		274.0	26.0	91.33

3.2 저감시설이 있는 경우

3.2.1 수직분리대(Debris fins)

수직분리대 방식의 경우 유송잡물 집적형태는 Fig.5와 같다. Fig.5(a)와 같이 hard 타입은 중앙부에 수직분리대에 의해 유송잡물이 우회되면서 집적이 발생하고 하류방향으로 길게 늘어뜨린 형태로 집적이 이루어진다. 반면에 soft 타입의 경우 fig.5(b)와 같이 교각을 중심으로 원형형태로 휘어져 집적하는 형태로 발생한다.

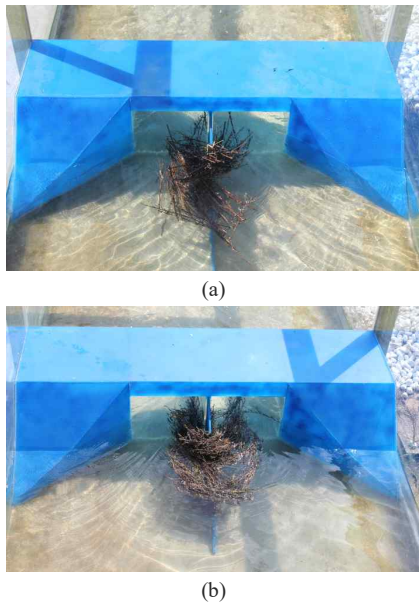


Fig. 5. Accumulation of Debris on Debris Fins
(a) hard type (b) soft type

수직분리대 방식의 저감시설을 설치한 경우 집적률은 Table 3과 같다. 5회 반복실험 결과 hard 타입 유송잡물

의 암거 집적률은 평균 54.07%이며 soft 타입에서 집적률은 62.67%로 나타나 soft 타입의 집적률이 높게 나타났다. Case 별 분석결과 hard 타입의 경우 집적률이 가장 높은 case는 86.33%, 가장 낮은 case에서는 19.33%가 집적되어 집적 범위가 넓게 나타났으며 soft 타입에서도 최대 90.00%, 최소 36.67%로, 집적률 범위가 넓게 나타났다. 실험결과 초기의 유송잡물 집적 형태에 따라 집적개수가 달라져 case별로 차이가 큰 것으로 판단된다. Fig. 6은 수직분리대를 설치하였을 경우 각 타입에 대한 집적률을 나타낸다.

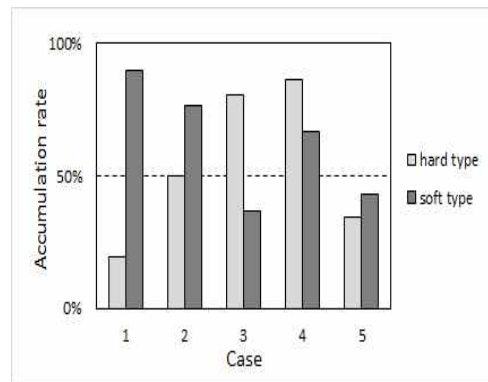


Fig. 6. Comparison of Accumulation on Debris Fins

3.2.2 스크린(Debris racks)

스크린 방식의 경우 유송잡물 집적형태는 Fig.6과 같다. Fig.7(a)와 같이 hard 타입은 스크린에 대부분 집적이 이루어지며 직사각형 형태로 집적이 이루어진다. soft 타입의 경우 fig.7(b)와 같이 스크린 주변으로 유송잡물의 집적이 발생하나 암거통로 근처에서 발생하는 고유속으

Table 3. Result on Debris Accumulation Experiment(Debris Fins)

Debris type	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	Accumulation rate (%)
Hard	case 1	300	58.0	242.0	19.33
	case 2		150.0	150.0	50.00
	case 3		241.0	59.0	80.33
	case 4		259.0	41.0	86.33
	case 5		103.0	197.0	34.33
	Average		162.2	137.8	54.07
Soft	case 1	300	270.0	30.0	90.00
	case 2		230.0	70.0	76.67
	case 3		110.0	190.0	36.67
	case 4		200.0	100.0	66.67
	case 5		130.0	170.0	43.33
	Average		188.0	112.0	62.67

로 인해 양옆이 좁은 반원형태로 집적형상이 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 soft 타입의 유송잡물이 유연한 성질을 가지고 있기 때문에 유수력의 영향을 많이 받기 때문으로 판단된다.

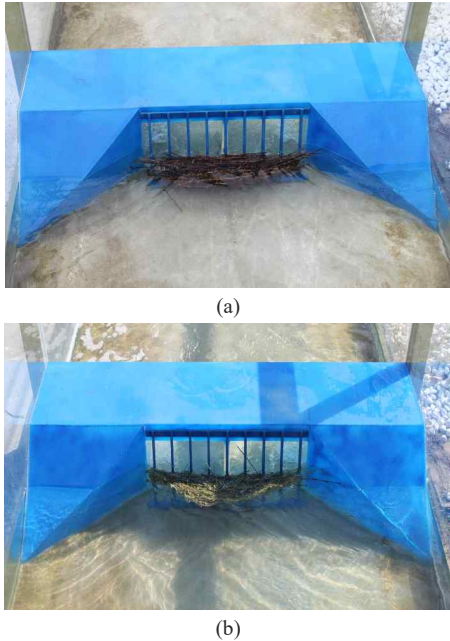


Fig. 7. Accumulation of Debris on Debris Racks
(a) hard type (b) soft type

스크린방식의 저감시설을 설치한 경우 집적률은 Table 4에 정리하였다. 실험결과 hard 타입의 모든 case 에서는 암거 집적률이 100.00%로 나타났으며 soft 타입 에서 집적률은 99.80%로 나타나 유송잡물의 타입에 상

관없이 대부분 집적되었다. Soft 타입의 case 1과 case 5 에서 통과한 유송잡물은 흐름 및 유송잡물의 계속되는 집적에 의해 유송잡물이 부러져 통과하였다. 암거 스크린의 경우 유송잡물을 우회시키는 것이 아니라 차단하는 것이 목적이므로 차단에 대한 효과는 높은 것으로 나타났다. Fig. 8은 암거 스크린을 설치하였을 경우 각 타입에 대한 집적률을 나타낸다.

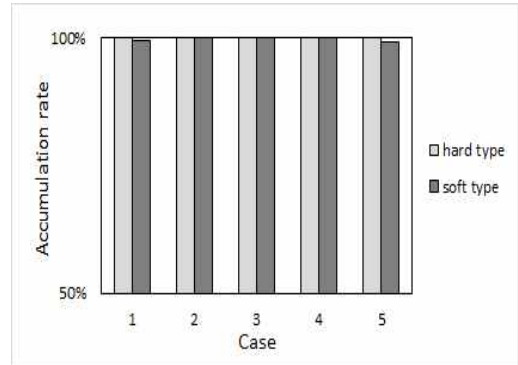


Fig. 8. Comparison of Accumulation on Debris Racks

3.2.3 우회 스크린(Debris deflectors)

우회스크린 방식의 경우 유송잡물 집적형태는 Fig.9와 같다. Fig.9(a)와 같이 hard 타입은 스크린 끝단부에 대부분 집적이 이루어지며 양옆의 스크린에 의해 2차 집적이 발생하는 것으로 나타났다. soft 타입의 경우도 마찬가지로 fig.9(b)와 같이 스크린 끝단에 아치형으로 집적이 발생하며, 양옆의 보조스크린을 통해 2차 집적이 발생하는 것으로 확인되었다.

Table 4. Result on Debris Accumulation Experiment(Debris Racks)

Debris type	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	Accumulation rate (%)
Hard	case 1	300	300.0	0.0	100.00
	case 2		300.0	0.0	100.00
	case 3		300.0	0.0	100.00
	case 4		300.0	0.0	100.00
	case 5		300.0	0.0	100.00
	Average		300.0	0.0	100.00
Soft	case 1	300	299.0	1.0	99.67
	case 2		300.0	0.0	100.00
	case 3		300.0	0.0	100.00
	case 4		300.0	0.0	100.00
	case 5		298.0	2.0	99.33
	Average		299.4	0.6	99.80

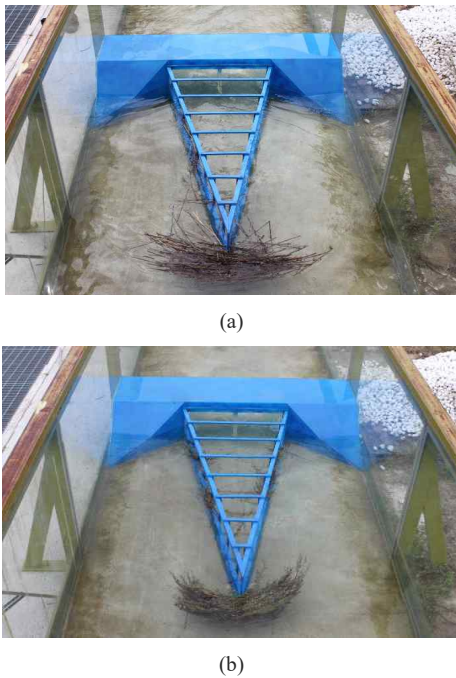


Fig. 9. Accumulation of Debris on Debris Racks
(a) hard type (b) soft type

우회스크린 방식을 설치한 경우 집적률은 Table. 5에 정리하였다. 실험결과 **hard** 타입 유송잡물의 암거 집적률은 평균 96.13%이며 범위는 94.00% ~ 97.33%로 나타났다. **soft** 타입에서 집적률은 92.60%로 나타나 타입에 상관없이 대부분 집적되었다(87.67% ~ 94.67%). 암거 우회스크린의 경우 유송잡물을 차단하고 암거 측면으로 유송잡물을 우회시키는 것이 목적으로 효과는 높은

것으로 나타났다. Fig. 10은 우회스크린을 설치하였을 경우 각 타입에 대한 집적률을 나타낸다.

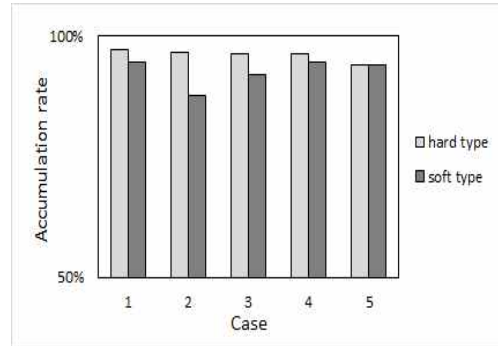


Fig. 10. Comparison of Accumulation on Debris Racks

3.3 종합분석

저감시설 유무 및 종류에 따라 집적률을 비교한 결과 수직분리대를 설치할 경우 설치 전을 기준으로 집적률은 **hard** 타입과 **soft** 타입에서 각각 27.65%, 31.39% 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 수직분리대의 높이 비율, 두께 등을 고려할 경우 차이가 발생할 수 있는 것으로 판단된다. 유송잡물의 차단이 목적인 암거 스크린과 우회스크린은 유송잡물의 종류에 관계없이 높은 차단효과를 보였으며 향후 집적된 유송잡물의 회수를 위한 방법 연구와 스크린 간격을 고려한 설치도 요구된다. Fig. 11은 저감시설 유무 및 종류에 따른 유송잡물의 집적률을 비교한 그래프이다.

Table 5. Result on Debris Accumulation Experiment(Debris Deflectors)

Debris type	Case	Total number of debris	Number of accumulation	Number of non-accumulation	Accumulation rate (%)
Hard	case 1	300	292.0	8.0	97.33
	case 2		290.0	10.0	96.67
	case 3		289.0	11.0	96.33
	case 4		289.0	11.0	96.33
	case 5		282.0	18.0	94.00
	Average		288.4	11.6	96.13
Soft	case 1	300	284.0	16.0	94.67
	case 2		263.0	37.0	87.67
	case 3		276.0	24.0	92.00
	case 4		284.0	16.0	94.67
	case 5		282.0	18.0	94.00
	Average		277.8	22.2	92.60

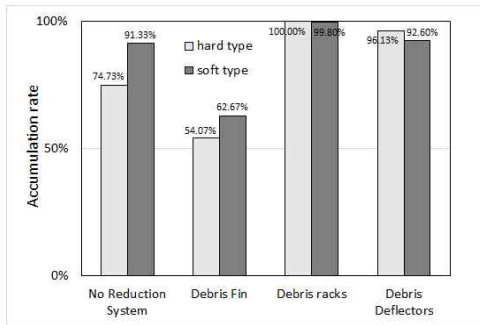


Fig. 11. Comparison of Accumulation on Debris Reduction System

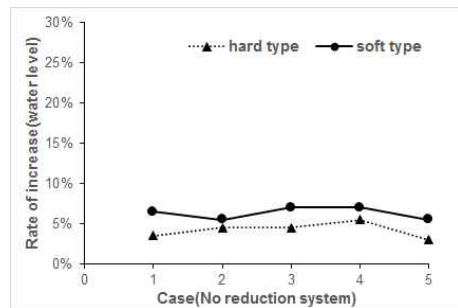
4. 유송잡물 집적에 따른 수위변화 분석

유송잡물 저감시설로 인한 수위변화를 분석하기 위해 구조물 설치 전·후에 대해 수위를 측정하였다. 각각의 수위는 저감시설 상류단에서 측정하여 수위상승률을 검토하였다. 여기서, 수위상승률은 교각설치전 수위/교각(저감시설)설치후 수위×100%로 정의하였다. 분석결과는 Table. 6에 나타내었다.

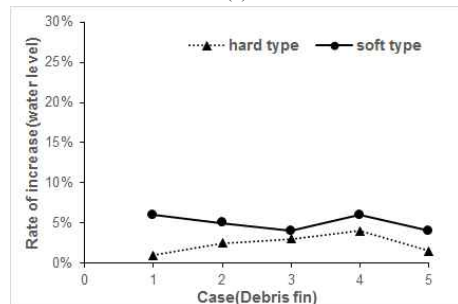
Fig. 12는 유송잡물 타입에 따른 저감시설별 수위상승률을 나타낸 그림으로 저감시설이 없는 경우(Fig. 12(a)) 유송잡물이 집적될 때 수위는 초기 수위 대비 4.20% ~ 6.30% 증가하였다. 수직분리대방식(Fig. 12(b))은 초기 수위 대비 2.40% ~ 5.00%의 수위 증가가 발생하였으며, 저감시설이 없는 경우보다 수위 상승 영향은 낮아졌다. 스크린방식(Fig. 12(c))은 차단목적으로 설치되므로 스크린에 대부분 집적되므로 유송잡물 집적 전에 비해 15.70% ~ 19.30%의 수위상승이 발생하여 월류 가능성이 가장 높은 것으로 나타났다. 우회스크린방식(Fig. 12(d))은 상류단으로 돌출된 방식으로 구조물 자체의 확보된 통수단면적이 넓어 유송잡물의 집적에 대해 민감하지 않다. 따라서 유송잡물이 우회스크린에 발생한다 하여도 수위 변화가 가장 적었으며(2.60% ~ 2.70%) 유송잡물 종류에 따른 차이도 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 6. Comparison of the Water Level

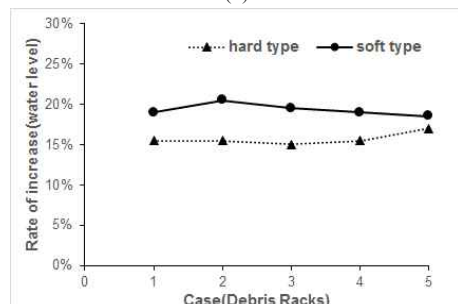
Debris type	Case	Rate of increase (%)			
		No Reduction System	Debris Fins	Debris Racks	Debris Deflectors
Hard	1	3.50	1.00	15.50	3.00
	2	4.50	2.50	15.50	3.50
	3	4.50	3.00	15.00	3.00
	4	5.50	4.00	15.50	1.50
	5	3.00	1.50	17.00	2.50
	Avg.	4.20	2.40	15.70	2.70
Soft	1	6.50	6.00	19.00	2.00
	2	5.50	5.00	20.50	3.00
	3	7.00	4.00	19.50	3.00
	4	7.00	6.00	19.00	2.50
	5	5.50	4.00	18.50	2.50
	Avg.	6.30	5.00	19.30	2.60



(a)



(b)



(c)

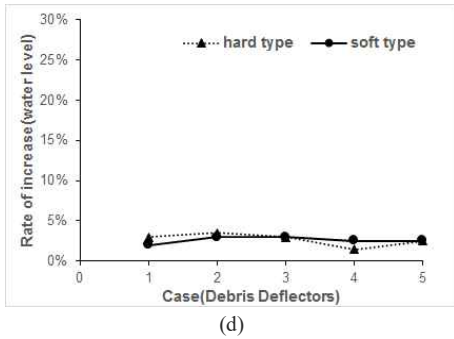
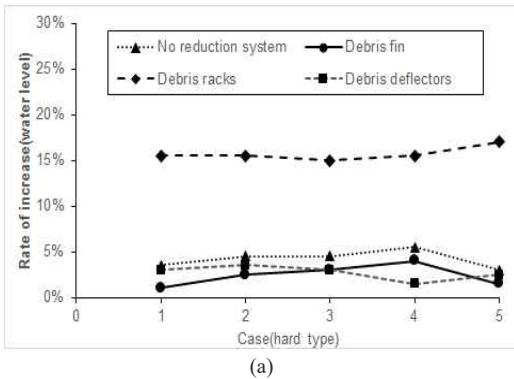


Fig. 12. Change of the Water Level by Accumulation of Debris (a) No Reduction System (b) Debris Fins (c) Debris Racks (d) Debris Deflectors

Fig. 13은 유송잡물 종류에 따른 수위상승영향을 검토한 그림으로 hard 타입의 경우 스크린을 제외한 모든 조건에서 수위상승영향은 다소 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 또한 soft 타입의 경우 마찬가지로 hard 타입 조건과 비슷한 경향으로 나타나고 있으나 수위상승률의 차이는 soft 타입의 유송잡물일 경우 수위상승이 높게 나타나는 것으로 확인되었다. soft 타입의 유송잡물은 자체의 유연성으로 인해 hard 타입에 비해 집적 시 유송잡물의 공극이 상당부분 폐색되면서 차단면적이 높아지기 때문이며, 이는 통수단면적 축소를 의미하므로 수위가 상승되는 것으로 판단된다.

결과적으로 스크린은 형태적인 측면에서 유송잡물이 단일면적에 집적되는 특성을 가지며, 우회스크린은 2면을 통해 유송잡물이 집적되는 특성이 있다. 따라서 국부적인 수위상승으로 인한 피해를 저감하기 위해서는 통수단면적 확보가 유리한 우회스크린 설치가 유리할 것으로 판단된다.



(a)

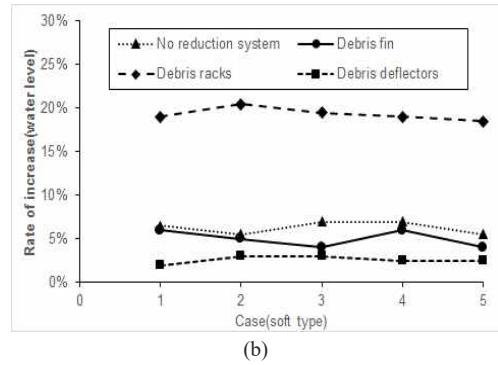


Fig. 13. Change of the Water Level by Debris type (a) Hard type (b) Soft type

5. 결론

본 연구는 암거를 대상으로한 유송잡물 저감시설의 집적효과와 집적으로 인한 암거 상류단의 수위변화를 측정하여 영향을 검토한 연구로써 결과는 다음과 같다.

1. 저감효과 분석 결과 유송잡물을 우회시켜 암거에 집적을 저감하는 방식인 수직분리대를 설치할 경우 설치 전에 비해 집적률은 27.65% ~ 31.39% 감소하는 효과가 있었으며 유송잡물 차단이 목적인 암거 스크린과 우회스크린은 유송잡물의 종류에 관계없이 높은 차단효과를 보였다.
2. 스크린의 경우 대부분의 유송잡물이 집적되기 때문에 효과는 좋으나 대규모의 유송잡물이 집적되면 월류 가능성이 높아지고 암거의 안정성 확보가 어렵기 때문에 이를 고려한 설계가 필요하다.
3. 우회스크린의 경우 넓은 면적에 분산되어 집적되므로 저감시설의 물리적인 안정성은 확보할 수 있으며, 집적으로 인한 수위변화도 적은 것으로 나타났다. 그러나 유송잡물의 회수 등 관리가 어려울 수 있으므로 하천과 유송잡물의 특성을 고려한 저감시설의 선택과 관리가 필요하다.
4. 수위변화 분석 결과 유송잡물 집적수에 따라 수위상승률은 증가하지만 유송잡물 간극의 크기에 따라 차이는 발생한다.

이와 같은 결과로 판단할 때 암거대상 유송잡물 저감시설을 설치할 경우 유송잡물의 차단도 중요하지만 차

단으로 인한 유입부에서의 수위증가율을 고려해야할 것으로 판단된다. 향후 유송잡물의 부피를 고려한 설계가 이루어진다면 국내 특성에 맞는 저감시설의 설계기준이 제시 될 수 있을 것으로 판단한다.

References

[1] S. J. Jeon, *Plan and Design of Stream*, Engineer Book, 2011.

[2] National Emergency Management, “*Design Criteria of Small Stream*”, 2012.

[3] Ministry of Land-Transport and Maritime Affairs, “*Plan and Design of Distributing Installation*”, 2012.

[4] J. H. Ham, K. S. Ryu, “Hydraulic Computation and Stress Analysis of Box Culvert”, *Journal of the Koreans Society of Agricultural Engineers*, vol. 14, no. 1, pp. 2557-2569, 1972.

[5] D. H. Yoo, H. S. Uhm, “Explicit Analysis of Flows in Box Culvert”, *Journal of Korea Water Resources Association*, vol. 36, no. 1, pp. 481-494, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.3741/JKWRA.2003.36.3.481>

[6] H. J. Koo, K. S. Jun, “Development of a culvert design model”, *Proceedings of The Korea Water Resources Association 2008*, pp. 645-649, 2008.

[7] S. J. Kim, D. J. Jung, J. G. Kang, H. K. Yeo, J. T. Kim, “A Study on the Comparison and Analysis of Debris Reduction System on Small Bridge”, *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 3, pp. 31-41, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.3.31>

[8] J. Y. Jang, “*A Simplified Design Method of Culvert Outlet Facilities for Detention Pond*”, M.S. dissertation, University of Kumoh National Institute of Technology, Gumi, Korea, 2010.

[9] P. A. Johnson, R. D. Hey, M. W. Horst, A. J. Hess, “Aggradation at Bridges”, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 127, no. 2, pp. 154-157, 2001.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2001\)127:2\(154\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2001)127:2(154))

[10] L. Schmocker, W. H. Hager, “Probability of Drift Blockage at Bridge Decks”, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 137, no. 4, pp. 470-479, 2011.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000319](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000319)

[11] L. Schmocker, W. H. Hager, “Scale Modeling of Wooden Debris Accumulation at a Debris Rack”, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 139, no. 8, pp. 827-836, 2013.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000714](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000714)

[12] D. A. Chin, “Hydraulic Analysis and Design of Pipe Culverts: USGS versus FHWA”, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 139, no. 8, pp. 886-893, 2013.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000748](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000748)

[13] B. Dasika, “New approach to design of culverts”, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 121, no. 3, pp. 261-264, 1995.

DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1995\)121:3\(261\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1995)121:3(261))

[14] W. H. Hager, “Generalized culvert design diagram”, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 124, no. 5, pp. 271-274, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1998\)124:5\(271\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1998)124:5(271))

[15] E. A. Meselhe, K. Hebert, “Laboratory Measurements of Flow through Culverts”, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 133, no. 8, pp. 973-976, 2007.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2007\)133:8\(973\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2007)133:8(973))

[16] A. Guven, M. Hassan, S. Sabir, “Experimental investigation on discharge coefficient for a combined broad crested weir-box culvert structure”, *Journal of Hydrology*, vol. 500, pp. 97-103, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.07.021>

[17] Federal Highway Administration FHWA, “*Debris Control Structures*”, Hydraulic Engineering Circular no. 9, 2005.

[18] Federal Highway Administration FHWA, “*Hydraulic Design of Highway Culverts*”, Hydraulic Design Series Number 5, 2012.

[19] Ministry of Land Infrastructure and Transport, “*Standard of Culvert*”, 2008.

김 성 중(Sung-Joong Kim)

[정회원]



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

<관심분야>

하천방재, 하천공학

강 준 구(Joon-Gu Kang)

[정회원]



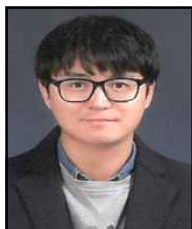
- 2002년 2월 : 명지대학교 토목환경공학과(공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

수리학, 토목공학

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 안동대학교 지구환경과학과(이학박사)
- 2017년 4월 ~ 현재 : 경북도청 자연재난과

<관심분야>

하천생태학, 수리실험