

# 모형 Gabion의 오염물질 포착률

Model Gabion's Pollutant Accumulation Efficiency

정재훈\* · 정해원 · 윤정환 · 박승기 (공주대)

Jeong, Jae Hoon·Jeong, Hae Won·Yoon, Jung Hwan·Park, Seung Ki

## Abstract

This study was performed for the research on the method for reducing non-point pollutant with the gabion which was made of gravel-packed plastic frame, and for the characterization of gabion adsorbing pollutant. The result showed that the concentrations of suspended solid in turbid water were reduced to 77.7~84.7% when the water was flowing through the gabion.

The uniformity coefficients on the grain size accumulation curves of the adsorbed pollutant were larger on the large grain size gabion than those on the small grain size gabion, and the coefficients of curvature were smaller on the large grain size gabion than those of the small grain size gabion. The adsorption rates were dependent on the grain size of packed gravel. The rates were smaller on inlet and outlet than those on middle place on the series of gabion.

## I. 서론

최근 대부분의 국가에서는 점오염원의 처리에 주안점을 두고 정책을 추진하였으나 산업화와 토지이용의 고도화에 따른 비점오염원의 증가로 인하여 점오염원의 처리만으로는 수질개선에 어려움이 있다는 사실이 인식되어 비점오염원의 저감에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

비점오염원은 농촌지역에서 광범위하게 생성되는 지표면의 유기물과 부유물질, 농경지의 배출수, 토양 침식, 축산 분뇨, 비료, 농약 등의 성분이 강우시 유출에 의해 하천으로 유입되어 하천이나 호소의 수질에 막대한 영향을 미치고 있다. 이러한 비점오염원을 저감하기 위한 대책으로는 우수유출수 관리시설, 식생여과대, Sand Filter, 자갈점축산화수로공법 등을 이용하고 있으나 이러한 시설들은 초기에 비점오염원의 저감 효율이 좋다가 시간이 지남에 따라 오염물질이 퇴적되어 처리 효율이 매우 떨어지며, 또한 퇴적된 오염물질을 방치함으로 2차 오염을 유발할 수 있는 단점이 있다(농림부, 농업기반공사, 2004).

본 연구에서는 농촌지역 비점오염물질을 저감하기 위하여 수행중인 보강개비운을 이용한 농촌지역의 비점오염원 저감 및 그 활용공법 개발 연구의 일환으로 농촌배수로에 모형 Gabion을 설치하고 유하하는 오염물질이 모형 Gabion 내 여재에 포착되는 특성을 구명하기 위하여 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 모형 Gabion의 개요

본 연구에서는 하천정화법중 자갈점축산화수로공법의 여재로 사용되는 자갈과 하천의 호안 보호공으로 널리 활용되고 있는 철망형 Gabion에서 착안하여 보강 Gabion을 고안하였다. 기존의 자갈점축산화수로공법은 정화초기에는 효과적인 부유물질의 포착이 이루어지지만 여재의 공극에 부유물질이 충전되면 여재를 교체 해주어야 하는 단점이 있다. 또한 철망형 Gabion은 현장에서 직

접 시공이 이루어지고 한번 시공되면 이동이 불가능한 단점을 안고 있다.

본 연구에서 착안한 보강 Gabion은 부유물질의 집적에 효과적인 자갈을 운반이 가능하도록 철망형 Gabion을 보강하고 여재로 충전시켜 농촌지역 배수로에 설치하여 유하하는 오염물질을 제거에 활용하고 여재에 오염물질이 충전되면 이를 회수하여 오염물질이 배출되는 지역의 사면보호 등에 활용될 수 있도록 하였다.

## 2. 모형 Gabion의 현장 적용 실험

### 1) 모형 Gabion의 제작 및 현장 배치

모형 Gabion의 제작은 농촌지역 배수로에 설치하는 점을 감안하여 부식이나 변형이 잘 일어나지 않고 여재의 무게를 지탱할 수 있는 플라스틱 모형틀(400×200×200mm)을 이용하였다. 모형 Gabion은 Fig. 1과 같이 종/횡방향 설치를 고려하여 부유물질이 여재를 통과하여 포착될 수 있도록 상류측 하단에 유입구를 설치하고 하류측 상단에 배출구를 설치하였으며, 유입구 및 배출구의 크기는 모형 Gabion 옆 면적의 1/10에 해당하는 면적만큼 구멍을 설치하였다.

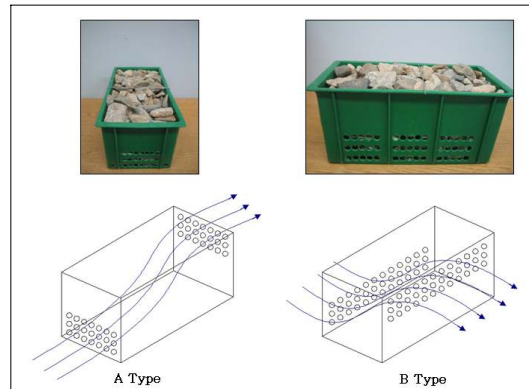


Fig. 1 Vertical/Horizontal Gabion

모형 Gabion의 여재는 배수로-1지점에는 입경이 19.1~50.8mm에 해당하는 자갈을 풍건조시켜 이용하였으며 배수로-2지점에서는 입경이 50.8mm이상의 자갈을 이용하였고, 여재가 충전된 모형 Gabion은 무게와 공극률을 산정한 후에 현장에 설치되었다.

모형 Gabion의 현장적용실험은 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 배수로 2개소에 설치하여 21일 후에 수거하여 24시간 동안 중력배수를 시킨 후 실험실로 운반하여 제반 분석을 실시하였다.



Fig. 2 Drainage-1



Fig. 3 Drainage-2

### 2) 모형 Gabion의 오염물질 특성

현장 배수로 상류에서 인위적인 부유물질을 발생시키어 모형 Gabion을 통과시킬 경우 여재를 통과하는 구간과 Gabion 하류에서의 부유물질(SS) 농도 변화를 실험하였다. 각 구간별 채수된 시료는 공해공정시험법중 유리섬유여지법에 의해 부유물질 농도 검사를 실시하였으며 시험 결과를 바탕으로 Kriging 기법에 의한 부유물질(SS) 등치선도를 작성하였다.

포착된 부유물질의 물리적 특성은 KS F 2302에 의거 입도분석을 실시하여 모형 Gabion의 설치 구간별 입도특성을 파악하였다.

### 3) 모형 Gabion의 오염물질 포착률 산정

모형 Gabion의 포착률 산정은 현장적용 이전에 모형 Gabion의 무게와 여재의 공극률을 식(1)과 같이 산정하고 현장적용 21일 후에 수거된 모형 Gabion을 풍건조시켜 무게를 잰 후 포착된 부유물질의 부피를 재어 현장적용 전 공극률에 현장실험 후 포착된 부유물질의 부피를 가지고 식(2)와 같이 산정하였다.

$$n_G = \frac{V_{Gabion} - V_{Gravel}}{V_{Gabion}} \quad \text{----- (1)}$$

$$SS_{AE} (\%) = \frac{V_{SS}}{n_G} \times 100 \quad \text{----- (2)}$$

여기서,  $n_G$  : 모형 Gabion의 공극률

$V_{Gabion}$  : 모형 Gabion의 전체 부피

$V_{Gravel}$  : 모형 Gabion의 여재의 부피

$SS_{AE}$  : 모형 Gabion의 포착률 (%)

$V_{SS}$  : 모형 Gabion에 포착된 부유물질의 부피 (%)

## III. 결과 및 고찰

### 1. 모형 Gabion의 오염물질 특성 결과

현장 배수로에 설치된 모형 Gabion의 부유물질 농도 변화 실험에서는 Fig. 4와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 모형 Gabion의 여재를 통과한 오염물질들은 여재에 포착하여 확연히 부유물질 농도가 저감되는 특성을 파악할 수 있었다.

Table 1 Decrease rate of SS density

Place	Drainage-1 Average SS (mg/ L)	Drainage-2 Average SS (mg/ L)
Upper stream	312.6	643.7
Gabion	373.0	320.5
Down stream	47.6	143.3
Decrease Rate	84.7 (%)	77.7 (%)

상류측에서 인위적으로 발생시키는 부유물질의 평균 농도는 Table 1에서 보는 바와 같이 각각

312.6mg/L, 643.7mg/L 이었으며 모형 Gabion 구간에서의 평균 농도는 각각 373.0mg/L, 320.5mg/L으로 나타났다. 또한 모형 Gabion을 통과한 하류측의 평균 농도는 각각 47.6mg/L, 143.3mg/L으로 나타나 배수로-1지점에서는 상류측에 비해 84.7%, 배수로-2지점에서는 77.7% 부유물질의 농도가 저감되는 특성을 파악할 수 있었다.

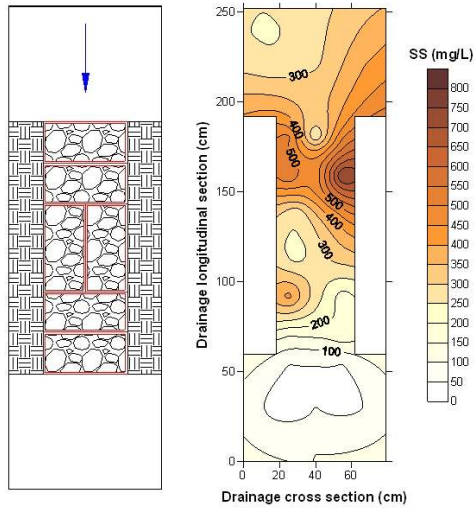


Fig. 4 Drainage-1

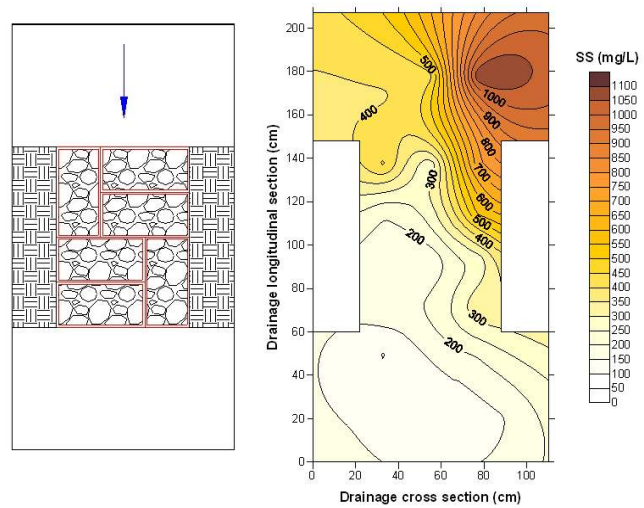


Fig. 5 Drainage-2

모형 Gabion을 현장에 설치한지 21일 만에 수거한 후 실험실로 운반하여 각 Gabion별 여재와 오염물질을 분리해 오염물질에 대한 특성을 파악하기 위하여 KS F 2302에 의거 입도시험을 실시한 결과 Fig. 6과 Fig. 7과 같은 입경가적곡선을 나타냈다.

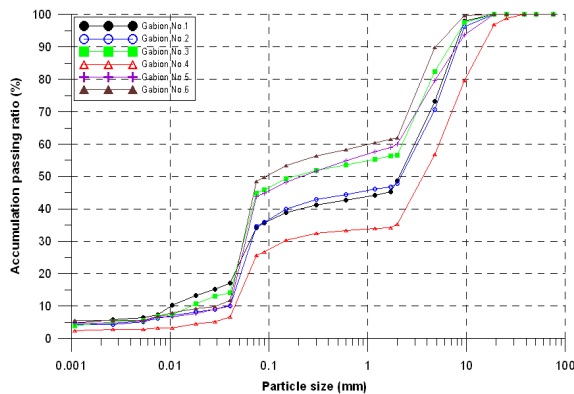


Fig. 6 Grain size accumulation curve of Drainage-1

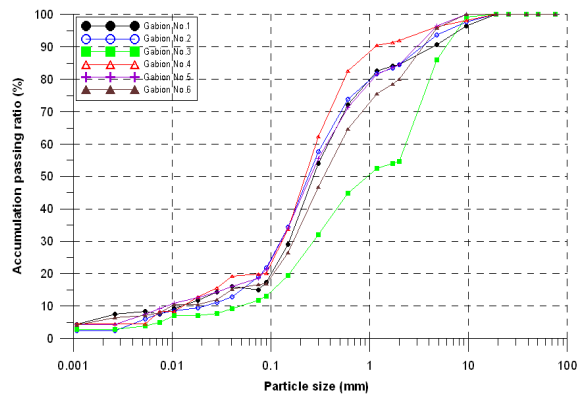


Fig. 7 Grain size accumulation curve of Drainage-2

입경가적곡선의 결과를 바탕으로 균등계수와 곡률계수를 산정한 결과 Table 2와 같이 산정되었으며 모형 Gabion의 배치에서 상류측 Gabion보다 하류측 Gabion이 균등계수와 곡률계수가 낮게 나타나는 특성을 보였다.

또한, 여재의 입경이 큰 배수로-1지점은 균등계수가 큰 반면 곡률계수는 적게 나타났고 입경이 상대적으로 작은 배수로-2지점에서는 균등계수가 작고 곡률계수가 크게 나타나 여재의 입경별 포

착되는 오염물질의 특성이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

Table 2 Uniformity coefficient & coefficient of curvature

Place	Drainage-1						Drainage-2						
	Gabion No.	Point	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	Cu	Cz	Point	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	Cu	Cz
1	Middle	Down	0.011	0.065	3.000	272.7	0.128	Down	0.013	0.160	0.380	29.2	5.182
2			0.040	0.067	3.200	80.0	0.035		0.023	0.130	0.330	14.3	2.227
3		Middle	0.017	0.055	2.300	135.3	0.077	Middle	0.048	0.270	2.300	47.9	0.660
4			0.045	0.150	5.300	117.8	0.094		0.014	0.140	0.280	20.0	5.000
5	Down	0.040	0.058	2.000	50.0	0.042	Upper	0.009	0.130	0.370	42.5	5.250	
6	Upper	0.028	0.055	1.000	35.7	0.108		0.010	0.170	0.500	50.0	5.780	

## 2. 모형 Gabion의 오염물질 포착률 산정

모형 Gabion의 포착률을 산정한 결과 배수로-1지점에서는 Table 3과 같이 공극의 0.74~1.58%를 오염물질이 포착되었는데 이는 현장 특성상 오염물질 발생이 적은 지점이었고 또한 Gabion의 여재 입경이 50.8mm이상으로 공극이 넓어 포착률이 낮아진 것으로 사료된다. 또한 상하류측 Gabion 보다는 중앙에 설치한 Gabion에서 오염물질이 많이 포착되는 특성을 파악할 수 있어 유입구와 배출구 부근에서는 유속으로 인해 오염물질이 적게 포착되는 것으로 사료된다.

배수로-2지점에서는 Table 4와 같이 공극의 19.76~44.28%를 오염물질이 포착되었으며 이는 여재의 입경이 19.8~50.8mm로 배수로-1지점 보다 공극이 좁아 많은 오염물질이 포착된 것으로 사료된다. 또한 배수로-1지점과 마찬가지로 중앙에 설치한 Gabion에서 가장 높은 포착률을 보여 유입구와 배출구의 유속에 의한 영향으로 사료된다.

Table 3 Accumulation efficiency of Drainage-1

Gabion No.	Before setup					After removal		Calculation			Point
	Gabion +gravel weight (kg)	Gabion box volume (cm <sup>3</sup> )	Gravel volume (cm <sup>3</sup> )	Porosity		Gabion +gravel weight (kg)	SS weight (g)	SS volume (cm <sup>3</sup> )	Accumulation efficiency (%)		
				Volume (cm <sup>3</sup> )	Ratio (%)						
1	23.6	16000	8905	7095	44.34	23.7	89.7	112.13	1.58	Middle	
2	23.8	16000	8480	7520	47.00	23.9	65.5	81.88	1.09		
3	23.1	16000	8760	7240	45.25	23.2	70.1	87.63	1.21		
4	23.5	16000	9320	6680	41.75	23.6	66.3	82.88	1.24		
5	24.0	16000	8600	7400	46.25	24.0	45.7	57.13	0.77	Down	
6	24.0	16000	9200	6800	42.50	24.0	40.3	50.38	0.74	Upper	

Table 4 Accumulation efficiency of Drainage-2

Gabion No.	Befor establishment					After removal		Calculation			Point
	Gabion +gravel weight (kg)	Gabion box volume (cm <sup>3</sup> )	Gravel volume (cm <sup>3</sup> )	Porosity		Gabion +gravel weight (kg)	SS weight (g)	SS volume (cm <sup>3</sup> )	Accumulation efficiency (%)		
				Volume (cm <sup>3</sup> )	Ratio (%)						
1	22.9	16000	8960	7040	44.00	24.8	1967.4	2459.25	34.93	Down	
2	23.3	16000	8840	7160	44.75	24.4	1132.0	1415.00	19.76		
3	23.5	16000	9840	6160	38.50	25.6	2182.2	2727.75	44.28	Middle	
4	23.6	16000	8310	7690	48.06	25.4	1840.2	2300.25	29.91		
5	23.6	16000	9260	6740	42.13	24.9	1278.2	1597.75	23.71	Upper	
6	24.6	16000	8920	7080	44.25	26.4	1768.7	2210.88	31.23		

#### IV. 결론

본 연구는 비점오염물질을 저감시키기 위한 방법으로 기존의 자갈집축산화수로공법과 하천 호안구조물의 하나인 철망형 Gabion에서 착안하여 자갈을 이용한 여재를 모형틀에 충전시켜 오염물질을 포착시키고 방법으로 모형 Gabion의 여재에 오염물질이 포착되는 특성을 파악하고자 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

1. 부유물질이 모형 Gabion을 통과하는 유동 특성을 시험한 결과 배수로-1지점에서는 상류측에 비해 84.7%, 배수로-2지점에서는 77.7% 부유물질의 농도가 저감되는 특성을 파악할 수 있었다.
2. 모형 Gabion에 포착된 오염물질의 입도분석을 통해 균등계수와 곡률계수를 산정한 결과 모형 Gabion의 배치에 따라 상류측 Gabion보다 하류측 Gabion이 균등계수와 곡률계수가 낮게 나타나는 특성을 보였으며, 여재의 입경이 큰 Gabion에서는 균등계수가 큰 반면 곡률계수는 적게 나타났고 입경이 작은 Gabion에서는 균등계수가 작고 곡률계수가 크게 나타나 여재의 입경별 포착되는 오염물질의 특성이 다르게 나타남을 알 수 있었다.
3. 모형 Gabion의 포착률을 산정한 결과 여재의 입경에 따라 포착률이 다르게 나타났으며 Gabion의 배치에 있어서 유입구/배출구 부근의 Gabion에서는 포착률이 적게 나왔고 중앙에 배치된 Gabion에서 포착률이 높게 나타나 유속의 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 농림기술개발연구과제 (과제번호 105107-3)의 재정적 지원으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 농림부, 농업기반공사, 2004, 농업용수 수질개선 시험연구(최종)
2. 최종근, 2004, 공간정보 모델링-크리깅 최적화기법, 구미서관
3. 황정규, 2003, 지반공학의 기초이론, 구미서관