

수제의 투영길이에 관한 실험연구

Experimental Study on Projected Length of Groyne

여흥구* / 강준구** / 김성중*** / 윤병모****

Hong Koo Yeo, Joon Gu Kang, Sung Jung Kim, Byeong Mo Yoon

요 지

최근 들어 국내외에서는 하천환경 및 생태서식처 기능을 갖는 자연형 하천으로의 복원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 하천복원의 범주에서 하천 내 설치되는 수공구조물에 대한 중요성이 많이 언급 되고 있는데 그 중 대표적인 것으로 수제를 들 수 있다.

하천 내 설치하는 수제(groyne)는 제방보호 및 유로변경의 목적으로 하천내에 시공되는 구조물 중의 하나로서 하천복원과정에 있어 필수불가결한 구조물 중의 하나로 인식되고 있다. 근래에 들어 경제성 및 환경성을 갖는 수제에 대한 연구로 변형수제에 대한 연구들이 진행 되고 있는데 변형수제의 대표적인 형상으로는 L형, T형 수제 및 굴절, 열쇠형 수제 등이 있다. 각각의 수제들은 그 형상에 따라 수제주변에서 국부적인 흐름구조가 다르게 발생하게 된다. 이러한 수제들은 수제 고유의 형태에 대한 흐름특성 연구들이 주로 이루어지고 있는 반면에 수제의 투영길이에 대한 비교는 수행되지 않았다. 즉 동일한 수제길이를 갖더라도 설치각이나 형태에 따라 투영면적에 대한 유수단면적의 변화가 발생하게 된다.

본 연구에서는 그림과 같이 상향 또는 하향굴절수제를 대상으로 팔길이(AL)의 변화를 주었으며, 팔길이 변화로 인해 발생하는 투영길이(L')와 동일한 길이를 갖는 연직수제를 제작하여 흐름 특성을 관측하고 비교하여 보았다.

수제는 군집 형태로 건설되는 것이 일반적이거나 여러 가지 형태의 조합으로 건설되기도 하는데 이러한 투영길이에 대한 비교는 수제설계 시 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어: 굴절수제, 투영길이, 재순환영역

1. 서 론

최근 들어 국내 및 해외에서는 하천환경 및 생태서식처로서의 기능을 가지는 자연형 하천으로의 복원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 자연형 하천으로 복원하고자 하는 취지는 기존에 설치되어 있는 하천내·외의 수공 구조물들을 단순히 제거만을 통해 과거 하천으로 회귀 하고자 하는 목적은 아닐 것이다. 수공구조물은 점차 단순화 될 것이며 단순화된 구조물은 보다 자연적인 재료를 찾게 됨으로써 한층 가깝게 하천생태에 접근할 수 있을 것이다.

일반적으로 하천복원에서 떠올려지는 것 중의 하나는 수공구조물의 설치를 통해 이를 이용하는 것이다. 많은 종류의 구조물에서 하천 내 설치되는 수제가 대표적인 예가 될 수 있을 것으로

* 정회원 · 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 책임연구원 E-mail : yeo917@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 선임연구원 E-mail : jgkang02@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 연구원 E-mail : jinx9482@kict.re.kr

**** 비회원 · 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 선임기술원 E-mail : bmyoon@kict.re.kr

생각한다. 수제(groyne)는 제방보호 및 유로변경의 목적으로 하천내에 시공되는 구조물로서 근래에는 경제성 및 환경성을 갖는 수제에 대한 연구로 변형수제에 대한 연구들이 진행되고 있다. 변형수제의 대표적인 형상으로는 L형, T형 수제 및 굴절, 열쇠형 수제 등이 있다. 각각의 수제들은 그 형상에 따라 수제주변에서 국부적인 흐름구조가 다르게 발생하게 된다. 이러한 수제들은 수제 고유의 형태에 대한 흐름특성 연구들이 주로 이루어지고 있는 반면에 수제의 투영길이에 대한 비교는 수행되지 않았다. 즉 동일한 수제길이를 갖더라도 설치각이나 형태에 따라 투영면적에 대한 유수단면적의 변화가 발생하게 된다.

최근 수제에 대한 연구는 국내/외적으로 활발히 진행되어지고 있다. Teraguchi(2007) 등은 2개의 불투과 및 투과 수제에 대한 하상변동을 수리모형실험 및 수치모형을 통해 비교하였으며, McCoy(2007) 등은 2개의 불투과 수제에 대한 월류와 비월류 상태의 수치해석을 통해 흐름분포를 파악하였다. 몇 개 예를 들지는 못했지만 대다수의 수제에 대한 연구는 직선형태의 I형 수제에 대한 연구만이 진행되고 있을 뿐이고 변형수제에 대한 연구는 미미한 실정이다. 변형수제에 대한 연구로는 한국건설기술연구원(2007)에서는 다양한 팔길이를 갖는 굴절수제를 대상으로 흐름특성을 파악하였으며, Martinez(2002) 등은 Hook 수제의 설치각과 투과율에 대해서, Mohsen(2008)은 I, T, L형 수제에 대한 이동상 실험을 수행하였으나 흐름특성보다는 세굴량에 따른 효율성에 대해서만 언급하였다.

이에 본 연구는 I형 수제보다는 변형수제의 일종인 굴절수제를 대상으로 하였으며, 굴절수제의 투영길이에 대한 흐름특성을 파악하여 보고자 굴절수제의 투영길이(L')와 동일한 연직수제를 제작하고 흐름특성을 비교하여 보았다.

2. 수리모형실험

수제의 투영길이에 대한 실험은 수로길이가 40 m, 폭 2.0 m, 높이 0.8 m의 직사각형 직선수로에서 수행하였다(그림 1). 실험에 사용된 모형수제는 각각 상류방향과 하류방향으로 45°, 135°의 굴절각을 갖는 수제를 사용하였으며 이들 수제는 5가지의 팔길이를 가지고 있다. 또한 투영면적에 대한 비교를 위해 굴절수제의 연직길이 해당하는 연직수제를 제작하여 실험을 수행하였다. 유입 부유속은 1차원 유속계(VO1000, KENEK)를 이용하였으며 수제주변 흐름장은 LSPIV기법을 이용하여 측정하였다.

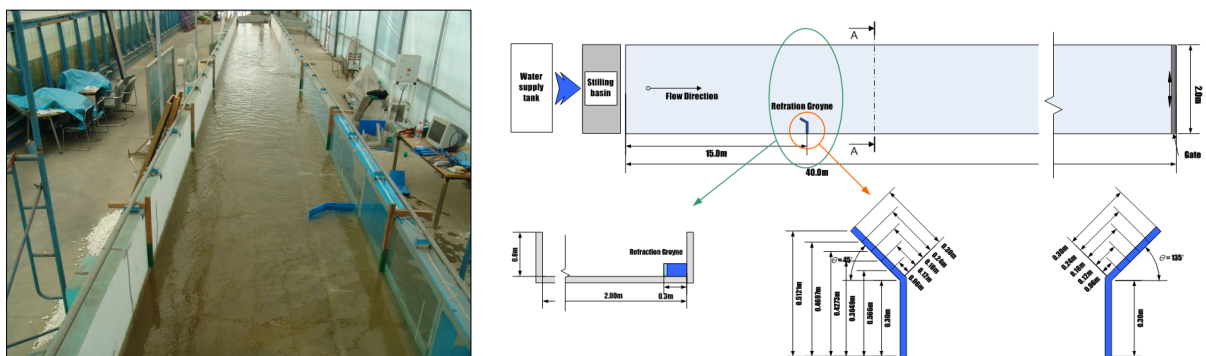


그림 1 실험수로제원

투영길이에 따른 수리모형실험 조건은 연직($\theta=0^\circ$)과 굴절각($\theta=45^\circ, 135^\circ$)을 갖는 3가지 형태와 5가지 팔길이(AL)를 갖는 굴절수제 및 연직길이에 준하는 수제를 대상으로 하였으며, 수위는

0.15m, 유속은 유입부 접근유속을 기준으로 3가지 조건에 대하여 실험을 수행하였다(표 1).

표 1 실험조건

수제형태(굴절각)			투영길이	팔길이	상류수심	유속
연직($\theta=0^\circ$)	상향굴절($\theta=45^\circ$)	하향굴절($\theta=135^\circ$)	$L'(m)$	$AL(m)$	$h_{app}(m)$	$V_{app}(m/s)$
			0.36	0.06	0.15	0.25
			0.38	0.12		
			0.43	0.18		
			0.47	0.24		
			0.51	0.30		

3. 실험분석 및 결과

일반적으로 수제가 설치됨에 따라 변화되는 흐름형태는 크게 주흐름과 재순환흐름으로 나뉘게 된다. 본 연구에서는 수제형태에 따라 발생하게 되는 수제주변의 국부적인 흐름분석은 배제하고자 하였고, 다만 구조물 설치로 인해 수로내에서 발생하는 전체적인 흐름장 분석을 기초 연구대상으로 계획하였다. 분석내용은 주흐름이 수제설치부를 통과하면서 단면축소에 의해 흐름방향의 변화 정도를 예측할 수 있는 흐름중심선(Thalweg)의 높이(T_{CL})와 수제로 인해 후면부에서 발생하는 재순환영역(Recirculation Zone)에서의 길이(SL) 그리고 재순환영역의 높이(S_h)를 측정하여 비교하였다(그림 2).

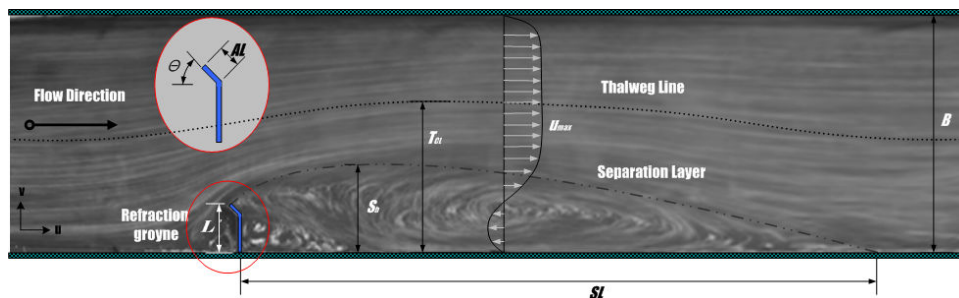


그림 2 흐름특성 개요도

주흐름에서의 흐름중심선의 높이(T_{CL})는 상향, 하향 굴절수제에서 관측된 높이를 연직수제에서 관측된 높이로 평균화하였다(그림 3). 그림에서와 같이 흐름중심선의 높이는 연직수제에 비해 상향굴절수제에서는 1배에서 1.1배로 그 차이는 미미하게 발생하였다. 하향굴절수제에서도 마찬가지로 연직수제에 비해 0.98배에서 1.09배의 범위에서 관측되었다. 이는 수제의 형상이 수로내 주흐름 구간에 끼치는 영향은 거의 발생하지 않았다고 볼 수 있다.

수제에 의해 후면부에서 발생하는 재순환영역에서의 대표적인 흐름은 와의 형성인데 관측결과 1~3개의 와가 형성되는 것을 알 수 있었다. 여기서 수제후면부에 근접되어 생기는 정체구역(LSPIV 실험결과 하류에서 발생된 역류의 흐름이 맞물려 정체구역을 미미하게 회전시킴)은 제외하였다. 실험에서 관측된 와의 개수가 증가할수록 재순환영역의 길이가 증가할 것으로 예상하였으나 투영길이에 따른 수제별 흐름분리길이는 수제투영길이(L')의 8 ~ 14배 사이에서 관측되었다(그림 4). 전반적으로 하향굴절수제에 비해 상향굴절수제의 흐름분리길이가 연직수제에 비해 하류부

재순환영역의 크기를 증가시키고 있었고 길이가 증가할수록 그 범위는 연직수제의 흐름분리길이 보다 1.7배 이상 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 하향굴절수제의 영향범위 또한 최대 연직수제 범위보다 최대 1.6까지 증가 시키는 것을 알 수 있으며 수제의 길이가 증가할수록 안정된 형태로 증가하고 있음을 보여주고 있다(그림 5).

재순환영역에서 폭방향의 길이를 흐름분리높이(S_h)라 하고 이를 연직수제에서 발생하는 흐름분리높이로 평균화 하였다. 실험결과 평균화된 흐름분리높이는 상향굴절수에서 0.92 ~ 1.48배로 관측이 되었으며 하향굴절수제에서는 0.91 ~ 1.26배로 관측이 되었다. 굴절수제는 연직수제에 비해 수제끝단부 형태가 상이하기 때문에 수제선단부에서 분리되는 흐름의 확장폭이 상대적으로 크게 발생한다. 투영길이에 따른 흐름분리높이는 수제길이가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이러한 특성은 수제길이의 증가로 인해 감소된 통수단면적의 영향으로 나타나는 현상으로 보여진다. 이는 단면축소로 인해 증가하는 흐름이 재순환영역내 발생되는 와의 폭방향높이를 억제하였기 때문으로 보여지며, 이러한 이유로 높이의 제한이 발생되기 때문에 길이방향으로 확장이 발생하게 되 앞서 언급된 흐름분리길이가 증가하는 것으로 생각할 수 있다(그림 6).

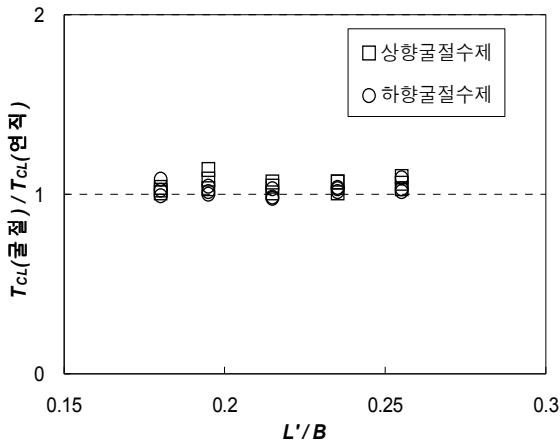


그림 3 투영길이에 따른 TCL

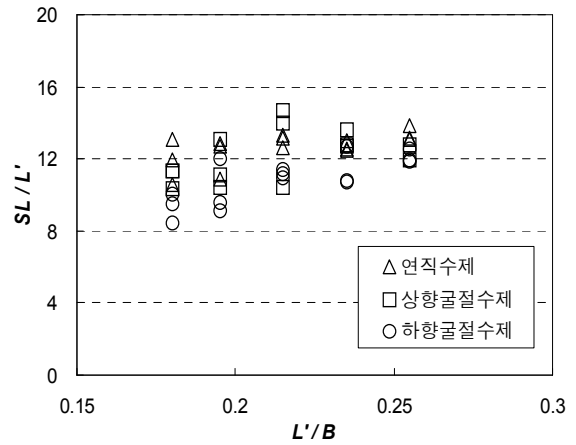


그림 4 투영길이에 따른 수제별 SL

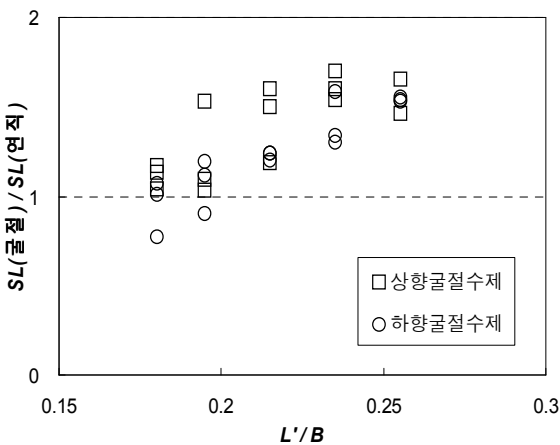


그림 5 투영길이에 따른 SL

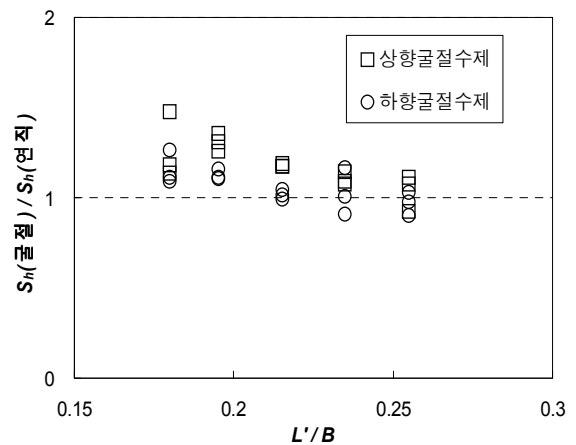


그림 6 투영길이에 따른 Sh

4. 결론

본 연구에서는 수제 종류에 있어 변형수제에 속하는 굴절수제(상향, 하향)를 대상으로 수제의 연직투영길이에 대한 수로내 흐름의 영향을 분석하였다. 이를 위해 굴절수제의 투영길이와 동일한 연직수제를 제작하여 비교하였다.

실험결과는 주흐름에서의 영향요소인 흐름중심선의 높이(T_{CL})과 재순환영역에서의 흐름분리길이(SL) 그리고 흐름분리높이(S_b)에 대해 연직수제에서 측정된 값에 대해 평균화하여 비교하였다. 첫 번째로 주흐름에서의 흐름중심선의 높이(T_{CL})는 연직수제에 비해 굴절수제에서는 0.98 ~ 1.11 배로 그 차이는 미미하게 발생하였고 이는 수제의 형상이 수로내 주흐름 구간에 끼치는 영향은 거의 발생하지 않았다고 볼 수 있다.

두 번째 흐름분리길이(SL)는 수제투영길이(L)의 8 ~ 14배 사이에서 관측되었으며 연직수제의 흐름분리길이보다 1.7배의 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 흐름분리높이(S_b)는 상향굴절수제에서 0.92 ~ 1.48배로 관측이 되었으며 하향굴절수제에서는 0.91 ~ 1.26배로 관측이 되었다. 이러한 결과로 볼때 굴절수제는 연직수제에 비해 수제끝단부 형태가 상이하기 때문에 수제선단부에서 분리되는 흐름의 확장폭이 상대적으로 크게 발생하게 되고 단면축소로 인해 증가하는 흐름이 재순환영역내 발생하는 와의 폭방향높이를 억제하였기 때문으로 보여지며 이러한 영향이 상대적으로 흐름분리길이에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

추후 이동상 실험을 통해 세굴/퇴적 경향을 파악하여 자료가 보완되어 진다면 최근 하천복원 계획에서 수제 설치시 기초자료로서 가치가 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원(2007). 자연공생 하천구조물 설계기술 개발.
2. Martinez, E., Ettema, R., Lachhab, A. (2002). Scour Experiments on Dike Angle, Porosity, and Hook for a Thin Dike, 1st ICSF-1, p. 364-372.
3. McCoy, A., Constantinescu, G., Koken, M., Weber, L. (2007). Effect of relative submergence on the flow and mass exchange processes in a channel with two lateral groynes, 32nd IAHR Congress, Venice, Italy, pp. 699
4. Mohsen, B., Ramin, F., Ahmad, D. A., Mirkhalegh, Z. A. (2008). Experimental Investigation of Local Scouring Around a Series of L-Head Groynes, 8th ICHE, Nagoya, Japan, pp. 383-384.
5. Teraguchi, H., Nakagawa, H., Zhang, H. (2008). Study on Flow and Bed Deformation Around Impermeable and Permeable Groins, 8th ICHE, Nagoya, Japan, pp. 367-370.