

수제설치 간격에 따른 흐름특성

Characteristics of Flow for Optimal Interval of Groynes

김근영*·박효길**·전도석***·지홍기****

Kim, Keun Yeong·Park, Hyo Gil·Chun, Do Seok·Jee, Hong Kee

요 지

본 연구는 가상하도에서의 합리적인 수제공 설계 근거를 확립하기 위하여, 가상하도에서 수제설치 간격에 따른 수제군 주변의 유속 및 벡터 등을 비교 검토하였다.

수제는 하천에서의 흐름을 하도 중앙으로 집중시켜 일정수심을 확보하는 역할을 하며, 하안 및 제방의 보호 및 유로제어를 목적으로 설치되고 있다. 근래 하천정비사업에는 견고한 재료로 하안을 피복하는 호안기법을 사용함으로써 자연스러운 침식퇴적작용을 억제하고 하안을 고착화, 단순화 시켜왔다. 또한, 최근 자연생태계 복원에 대한 관심이 점차 증가함에 따라 하천정비사업에서도 자연친화적인 기법적용에 대한 관심이 커지고 있다. 그렇지만 아직도 수제 서리에 있어서 하천의 흐름특성을 제대로 반영하지 못함으로써 수제를 올바르게 이용하지 못하는 예가 많이 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 가상하도에서 수제설치 간격에 따른 수제군 주변의 흐름특성을 수제공의 수리학적 원리를 통해 수제설치간격에 따른 수제군 주변의 흐름특성을 비교 분석하였다.

핵심용어 : 수제, RMA-2, 유속분포

1. 서 론

수제는 본래 제방의 보호나 주운의 수심확보 등을 목적으로 일반적으로 제방과 수직에 가까운 각도로 설치되는 하천 구조물이다. 과거의 수제는 하천을 주운으로 이용하기 위하여 설치되었지만, 최근에는 흐름에 의한 호안·하천구조물의 파손 및 세굴에 대한 피해를 막기 위한 목적으로 사용되고 있다. 수제를 적절하게 설치하기 위해서는 수제설계 시 수제설치의 간격·방향·하도의 특성 등이 복합적으로 작용하기 때문에, 수제의 설치가 검토되는 각각의 하도에서 수제군 주변의 흐름특성을 정확히 파악해야만 한다. 특히, 수제는 설치간격에 따라서 수제역 내에서 발생하는 역흐름과 재순환영역의 흐름특성이 다르기 때문에 지역적 특성과 하도흐름을 충분히 고려하여 설치간격을 고려하여야 한다.

본 연구에서는 하류부의 하안부에 토사의 퇴적상태가 양호하고, 유수를 전방으로 밀어내는 힘이 커서 제방 및 호안 보호에 효과적인 것으로 알려져 있는 상향수제에서의 설치간격에 따른 수제군 주변의 흐름특성을 분석해 보았다.

2. 가상하도의 수리해석

* 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : rmsdud1108@naver.com
** 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : rookey1004@nate.com
*** 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 · E-mail : doseok1234@hanmail.net
**** 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학과 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

2.1 흐름의 지배방정식

RMA2모형은 하천 또는 하구와 같은 일정구간의 수역을 대표하는 공간영역에서 유한요소망의 각 격점에서의 수위 및 유속을 계산할 수 있으며, 기초식으로는 아래 식(1)의 연속방정식과 식(2) 및 식(3)의 x , y 방향에 대한 운동량 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\varepsilon_{xx}}{p} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{xy}}{p} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\varepsilon_{yx}}{p} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{yy}}{p} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad (3)$$

여기서, x 와 y 는 흐름의 x , y 방향의 거리, u , v 는 각각 x , y 방향의 수평유속성분, g 는 중력가속도, h 는 수심, a_0 는 하상표고, p 는 유체의 밀도, ε_{xx} 는 x 방향으로의 법선 난류교환계수, ε_{xy} 는 x 방향으로의 접선 난류교환계수, ε_{yx} 는 y 방향으로의 접선 난류교환계수, ε_{yy} 는 y 방향으로의 법선 난류교환계수, C 는 Chezy의 조도계수이다. 앞의 식 (1) 및 식 (2)은 Galerkin의 가중잔차법을 이용하여 풀게 되며, 개략해와 정확해의 차이인 잔차는 보간함수와 동일한 가중함수에 의해 가중되어 최소화된다. 그리고 최소화는 격점의 종속변수에 관한 일련의 연립방정식을 만들며, 이에 대한 해는 완전음해이고 연립방정식들은 Newton-Raphson 반복법에 의해 그 해를 구하게 된다.

2.2 가상하도의 구축

수제를 이용하여 자연하안을 유도하기 위하여, 본 연구에서는 충적하천을 대표하는 낙동강의 저수로와 유사한 가상하도를 구축하였다. 가상하도의 하도연장은 1,200m이고 하폭은 200m이며, 격자의 기본구성은 10m×10m이며, 수제부분의 격자는 점진적으로 감소하여 2차원 수리모형에 수렴할 수 있도록 하였다. 또한 수제의 길이는 하폭의 30%를 초과하지 않도록 수제 선단부에서 호안까지의 수직거리를 30m로 설계하였다. 수제간격은 각각 L=45m, 90m, 135m, 180m로 하였으며, 상향수제의 설치각도는 25°로 하였다. <그림1>은 직각수제와 방향각을 가지는 수제(상향·하향)의 차이 차이를 보여주기 위하여 임의로 구축한 가상의 모식도이다.

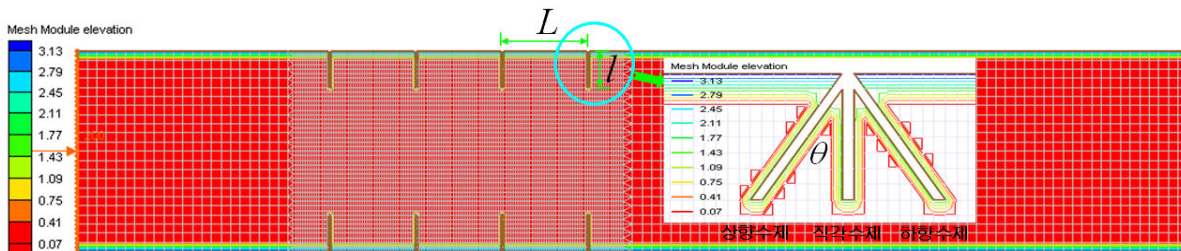


그림 1. 가상하도의 RMA-2 구축도

2.3 가상하도의 경계조건 및 입력자료

가상하도의 상류 경계조건인 홍수량은 $200\text{m}^3/\text{s}$, 하류 경계조건인 수위는 EL.3.0m, 조도계수는 0.030으로 각각 설정하였다. 또한 난류교환계수는 $1,500\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ 으로 하였다.

표 1. 가상하도의 경계조건과 입력자료

구분	하도길이 (m)	하폭 (m)	유량 (m^3/s)	수위 (EL.m)	조도계수 (n)	난류교환계수 ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)
제원	1,200	200	200	3.0	0.030	1,500

2.4 가상하도에서 설치되는 상향수제의 제원 및 간격

가상하도에 설치되는 상향 수제군은 좌·우측 제방에 설치하였다. 또한 수제의 간격은 FHWA(1985)가 제안한 $L/l = 1 \sim 6$ 의 범위를 적용하였으며, 수제의 길이($l = 30\text{m}$)에 대해 $L/l = 1.5, 3, 4.5, 6$ 으로 설치하였다.

표 2. 수제의 제원 및 간격

구분	수제길이, l (m)	설치간격, L (m)	L/l	설치개수	월류여부
상향수제	30	45	1.5	40	비월류
		90	3	20	비월류
		135	4.5	14	비월류
		180	6	10	비월류

3. 수리해석 결과 및 분석

구축된 가상하도에서 <표 2>와 같은 수제간격에 따라서 2차원 해석모델인 RMA-2로 수리해석한 결과, 수제주변의 흐름특성은 다음과 같았다.

<그림 3>에서 수제간격에 대한 흐름특성을 살펴보면, 수제설치간격 L 은 수제길이 l 에 대한 무차원값(L/l)이 1.5일 때, 수제 사이의 회류영역과 흐름 분리영역이 호안과 거의 평행을 이루고 있었으며, 유속벡터는 저수로부에서 집중 및 안정화되어 균형을 이루었다. 하지만 수제간격이 커짐에 따라 호안과 평행되는 저수로부의 유속이 불균형 현상으로 나타났다. 그리고 $L/l = 1.5$ 일 때는 회류의 폭이 일정한 회류가 하나의 핵을 중심으로 발생하였으나, $L/l = 3$ 과 $L/l = 4.5$ 일 때는 두개의 회류가 발생하였고, $L/l = 6$ 일 때는 회류의 폭이 불균일한 하나의 회류만 발생하였다.

<그림 4>에서 $L/l = 3$ 과 $L/l = 4.5$ 일때의 유속벡터를 살펴보면, 수제설치군 내에서 첫 번째 수제군 사이에서의 유속벡터는 하나의 회류만 발생하였고, 두 번째 수제 사이에서는 두 개의 회류가 발생하였음을 알 수 있다.

여기서, 알 수 있는 바와 같이, 수제의 설치간격에 따라서 수제 사이의 회류현상이 변화되고, 하나의 하천에 동일한 제원의 수제를 동일한 간격으로 설치하였을 때도 저수로를 통과하는 유속

및 수위의 변화에 따라 수제 사이에서 발생하는 흐름현상도 변한다는 것을 알 수 있었다.

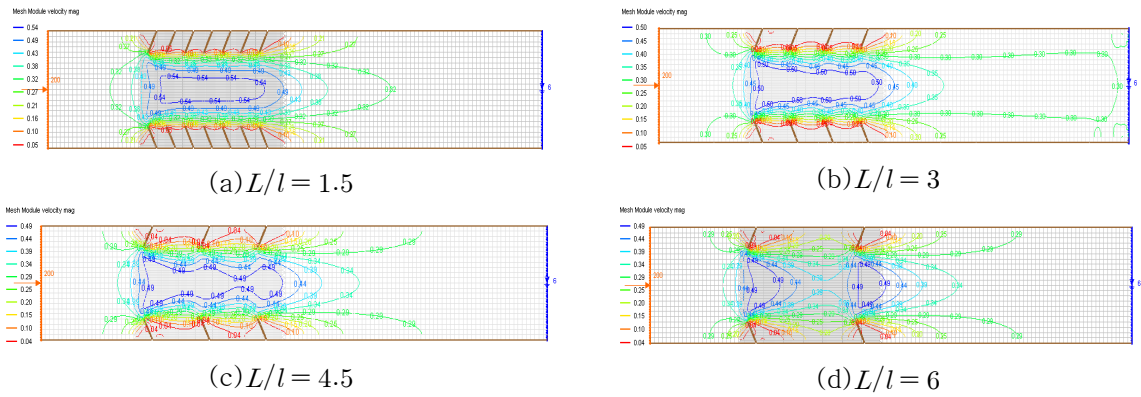


그림 3. 상향수제 설치 때의 유속분포도

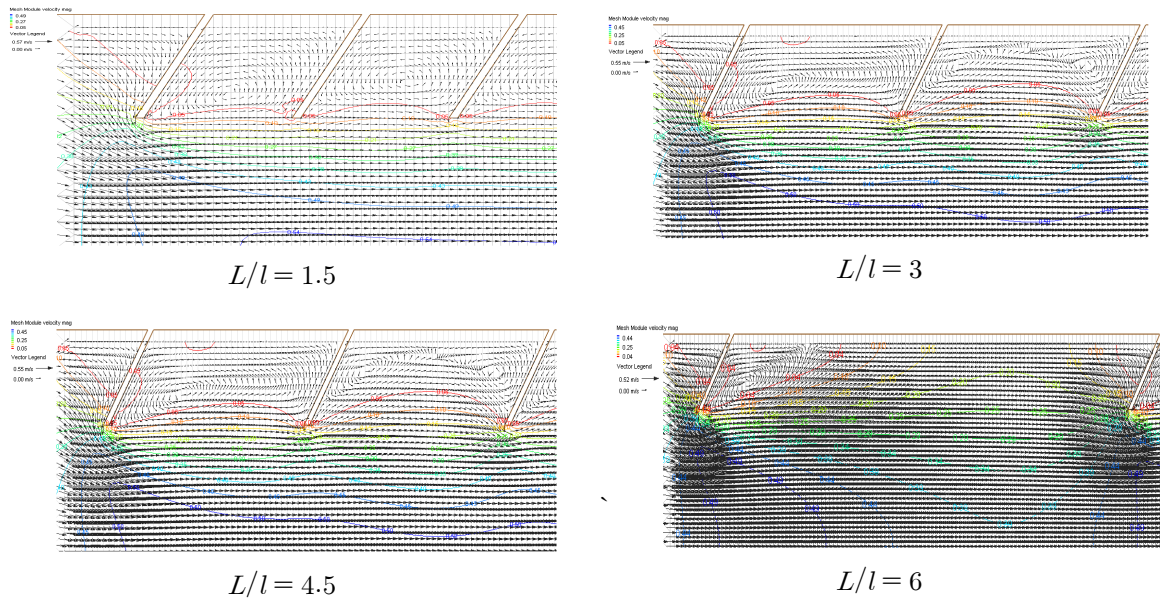


그림 4. 상향수제 설치 때의 유속벡터도

4. 결론

본 연구에서는 가상하도에서 수제설치간격에 따른 상향수제군 주변의 흐름특성을 수제공의 수리학적 원리와 해석을 통하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 가상하도에서 상향수제군의 수제설치간격은 수제길이에 대한 무차원 값 L/l 이 1.5일때는 유속의 분포가 호안과 거의 평행을 이루며 안정적인 흐름특성을 나타내었지만, 무차원 값 L/l 이 점차 증가함에 따라 회류의 폭과 흐름영역이 불균형을 이루었다.
- 2) 동일한 경계조건을 지니는 하나의 하도 내에서 동일한 제원의 수제를 설치하더라도, 상류부에

서 하류부사이의 각각의 수제 사이에서 발생하는 흐름현상이 달랐다. 따라서 하천에 수제를 설치하기 전, 예상 위치지점에서 수제 주변의 흐름특성을 충분히 고려하여 합리적으로 수제를 설치해야 할 것이다.

향후 과제로는 수제간격에 따른 수제 주변의 흐름특성을 잘 반영하여, 최근 주목받고 있는 수제역 내의 흐름특성과 생태서식환경을 개선관계를 확립해야 할 것으로 판단된다.

감사의글

본 연구는 환경부가 출연하고 한국환경기술진흥원에서 위탁시행한 2008년도 차세대 핵심환경 기술개발사업에 의한 수생태복원사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

1. 박효길, 안선복, 지흥기, 이순탁 (2008), 이차원 수리해석 모형을 이용한 수제설치 간격에 따른 흐름특성, 2008년 대한토목학회 학술발표논문집
2. 강준구, 여홍구, 노영신 (2006), 수제 설치간격에 따른 수제주변 흐름특성에 관한 실험 연구, 2006년 대한토목학회 학술발표논문집
3. 여홍구, 강준구, 김성중, 노영신 (2006) 투과율과 설치각도에 대한 수제주변 세굴영역에 관한 실험연구, 2006년 한국수자원학회 학술발표논문집
4. Chang, H. H. (1988) Fluvial Processed in River Engineering, John Wiley & Sons.
5. Mohamed F. M. Yossef (2002), The Effect of Groynes on Rivers. Literature Review.
6. Standing Committee on Rivers and Catchments, Victoria (1991), Guidelines for Stabilizing Waterways.