

충적하천의 수충부에서 수제에 의한 저수로 유도기법 Derivation Techniques of by Groin in Curvature Channel

전도석**·김근영***·박효길****·지홍기****

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

요 지

본 연구는 충적하천에 저수로를 유도하기 위한 기법으로 충적하천의 수충부에 수제를 설치하여 침식을 막고 대안측에 사주발생역의 발달을 억제하여 저수로를 유도하는 기법을 제시하였다.

수제는 하천의 흐름을 하도 중앙으로 집중시켜 주운을 위한 일정수심을 확보하는 역할을 하며, 흐름방향과 유속을 제어함으로써 흐름에 의한 제방침식작용을 방지하는 호안 역할을 병행한다. 최근 들어 자연생태계 복원에 대한 관심이 점차 증가함에 따라 하천정비사업에서도 자연친화적인 기법적용에 대한 관심 또한 커지고 있다. 이러한 관점에서 수제는 효과적인 자연친화 정비기법의 하나로 부각되고 있다.

따라서 본 연구에서는 2차원 수리해석 프로그램인 RMA2를 적용하여 만곡부에서 저수로를 합리적으로 유도하는 기법을 제시한다.

핵심용어 : 수제, 충적하천, 저수로, RMA-2

1. 서론

충적하천이란 하상과 강터를 구성하는 재료와 하천에 의해서 이송된 재료가 범람원을 형성하고, 이러한 범람원(평야부)에 형성된 하천을 지칭한다. 국내의 자연하천은 최상류를 제외하고는 대부분 충적하천으로 형성되어 있다. 특히 낙동강은 대표적인 충적하천으로서, 홍수시 하상변동이 심하고 하천선형이 사행으로 많이 발달되어 있으며 수충부와 사주가 많이 형성되어 있다. 충적하천에서 하상의 변동은 하상과 토사층이 유속이나 소류력에 의해 세굴, 운반 및 퇴적되는 과정이 시간 및 공간적으로 균일하지 않기 때문에 발생하게 된다. 홍수시에는 교각, 수제 제방 및 수문 등의 하천시설물 주변에서 국부세굴이 발달하게 된다. 따라서 낙동강과 같은 충적하천은 홍수시 홍수범람을 막기 위해서 제방축조가 불가피하지만, 충적하천의 효과적인 관리를 위해서는 제방축조보다 하상관리가 무엇보다 중요하고 할 수 있다.

수제는 하천의 흐름을 적극적으로 제어하여 수심을 유지하고, 소류력을 증가시키는 한편 수제를 줄여서 토사의 침전을 유지하고자 하는 하천 구조물으로써, 하안과 제방의 보호·저수로 범선형의 수정 및 유로의 고전·생태계 보전 및 수심과 유량 확보 등을 목적으로 설치된다. 또한 최근에는

* 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 · E-mail : doseok1234@hanmail.net

** 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : rmsdud1108@naver.com

*** 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : rookey1004@nate.com

**** 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학과 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

자연친화 정비기법의 하나로 부각되어 생태환경을 제공하기 위하여 설치되기도 한다.

따라서, 본 연구에서는 만곡부에서 수제를 통해 효과적인 저수로를 유도하여 자연스러운 형태의 하안형성·다양한 생태환경 등을 제공하기 위하여, 수리해석 프로그램인 RMA-2를 이용하여 만곡부 수제공의 수리학적 해석 기법에 대해 기술하고자 한다. 수위·유속 등을 좌안·우안 및 중앙부로 나누어 비교·검토에 중점을 두었다.

2. 가상하도의 수리해석

2.1 하천의 2차원 수리해석이론

RMA2 모형은 동수역학적인 문제를 풀기 위한 2차원의 평균 수심과 자유수면을 고려한 유한요소 프로그램으로서 동역학적 흐름의 해석을 가능하게 한다. 수심평균을 취한 2차원 천수방정식은 자유수면을 가진 물의 운동을 기술하는 3차원 Navier-Stokes 방정식의 일반식을 수심방향으로 적분함으로써 유도될 수 있는데 이를 위해서는 다음과 같이 가정한다. ① 연직방향의 가속도항은 무시 ② 압력항을 정수압 분포로 처리하며, ③ 유체는 비압축성

2차원 천수방정식의 연속방정식과 운동량방정식은

연속방정식

$$\frac{\delta h}{\delta t} + h \left(\frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} \right) + u \frac{\delta h}{\delta x} + v \frac{\delta h}{\delta y} = 0 \quad (2. 1)$$

운동량방정식

$$h \frac{\delta u}{\delta t} + hu \frac{\delta u}{\delta x} + hv \frac{\delta u}{\delta y} - \frac{h}{\rho} \left(\varepsilon_{xx} \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \varepsilon_{xy} \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} \right) + gh \left(\frac{\delta a}{\delta x} + \frac{\delta h}{\delta x} \right) \quad (2. 2)$$

$$\frac{gu}{C^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hwv \sin \Phi = 0$$

$$h \frac{\delta v}{\delta t} + hv \frac{\delta v}{\delta x} + hu \frac{\delta v}{\delta y} - \frac{h}{\rho} \left(\varepsilon_{xx} \frac{\delta^2 v}{\delta x^2} + \varepsilon_{xy} \frac{\delta^2 v}{\delta y^2} \right) + gh \left(\frac{\delta a}{\delta y} + \frac{\delta h}{\delta y} \right) \quad (2. 3)$$

$$\frac{gv}{C^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hwu \sin \Phi = 0$$

여기서, x, y, t : 좌표축과 시간, u, v : x, y 방향의 수심평균유속, ε : 확산계수, a : 하상표고,
 C : Chezy 계수, ζ : 경험적인 바람 전단응력계수, V_a : 풍속, ψ : 풍향,
 w : 지구의 각속도, Φ : 적용대상 구간의 평균위도

2.2 가상 만곡하도의 구축 및 제원

본 연구에서는 증적하천을 대표하는 낙동강의 저수로와 유사한 가상하도를 구축하였다. 가상하도의 제원은 곡률반경 80m, 하폭 40m로 모의하였으며, 상류 경계조건은 400m³/s로 일정하게 주었으며, 하류 경계조건은 EL. 4m로 일정하게 두었다.



그림 1. 가상 만곡하도의 구축

표 1. 가상 만곡하도의 제원

구분	곡률반경 (m)	하폭 (m)	곡률반경/하폭 Rc/B	유량 (m ³ /s)	조도계수 n	난류교환계수 (N · s/m ²)
	80	40	2	400	0.033	1,500

2.3 수제의 제원

수제의 설치는 유수를 전방으로 밀어내는 힘이 커서 제방 및 호안 보호에 효과적인 상향수제로 설치하였다. <표 2>는 본 연구에서 만곡하도에 설치한 수제의 제원이다.



그림 2. 가상만곡하도에서의 수제의 설치

표 2. 수제의 제원

구분	길이	간격	개수	월류여부
	20	35	4	비월류

수제의 길이는 불투과성 수제의 비월류 수제길이를 구하는 $\ell = h_{\max} \sqrt{1 + m^2}$ 을 사용하였다. 여기서 ℓ 는 수제길이(m), h_{\max} 는 최대수심(m), h_p 는 수제둘레의 평균수심(m), 그리고 m은 수리실험에 의한 정수이다. 수제의 간격은 일반적으로 사용되는 Winkel식 $L_{\max} = \text{Cot}\alpha \frac{B-b}{2}$ 을 사용하였다. L_{\max} 는 최대 수제간격(m), α 는 수류가 수제의 앞부분에서 다음 수제의 하단부쪽으로 편위하는 각도, B는 하폭(m), b는 저수로 폭(m)을 각각 나타낸다.

2.4 가상 만곡하도의 2차원 수리해석 결과 분석

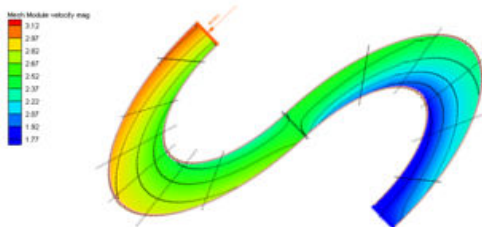


그림 3. 수제설치전의 수위분포

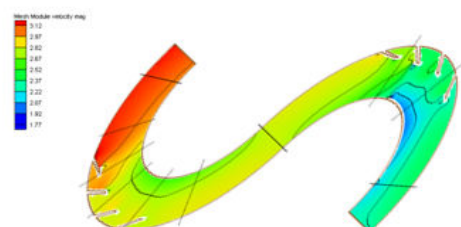


그림 4. 수제설치후의 수위분포

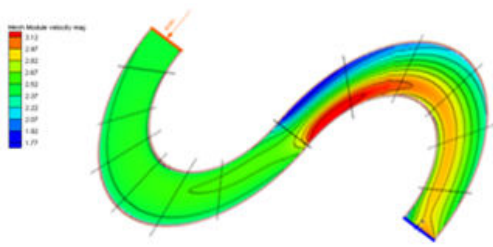


그림 5. 수제설치전의 유속분포

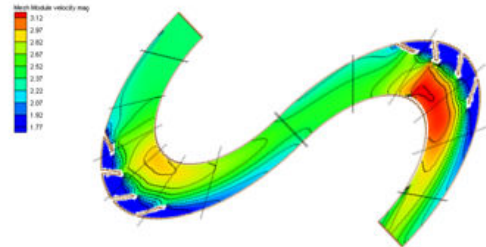


그림 6. 수제설치후의 유속분포

<그림 3>과 <그림 4>는 수제의 설치에 따른 가상하도 만곡부의 수위변화를 나타낸다. 수제 전후의 비교 시, 수제 설치 전 수충부와 정체부측의 수위 차가 크게 나타났다. 이는 원심력으로 인하여 수위의 차가 발생한 것으로 판단되어 진다. 또한 수제 설치 후, 내측의 수위가 상승하는 것으로 나타났다.

단면별 유속분포는 <그림 5>와 <그림 6>의 비교를 통하여 확인할 수 있는 것과 같이, 수제의 설치의 유무에 따라 만곡부 유속의 변화가 크게 나타났다. 수제설치 이후 만곡부 수제역 내의 유속은 수제설치 전의 유속보다 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 또한 수제의 설치로 인하여 수제 설치지점의 내측의 유속은 증가하는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 충적하천에서 수제의 설치에 따른 수충부의 수리현상을 파악하기 위하여, 수리학적 원리를 적용한 RMA-2를 적용하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 충적하천의 수충부는 수제의 설치로 인하여, 수충부와 정체부의 수위 차가 감소하고 하도 중앙부의 수위가 상승하였다. 이는 충적하천의 수충부에 수제를 설치함으로써 하도 중심부로 저수로가 유도된 것으로 보여진다.
- 2) 만곡부는 수제공의 설치로 인하여 수충부의 유속이 감소하고, 하도 중심부의 유속이 증가하였다. 이는 수제가 흐름의 유속을 제어하는 것으로 보여진다. 수충부의 흐름이 제어되어 유속이 감소함으로써 수충부 측의 침식을 막아줄 것으로 보여진다.
- 3) 수제는 동일하도 내에 설치되더라도 하천의 지형적 특성 및 수리적 특성에 따라서 수리학적 해석결과가 달라지므로, 수제를 실무에 적절하게 적용할 수 있는 근본적인 근거를 마련해야 할 것으로 판단된다.

감사의글

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

참고문헌

1. F.M. Yossef (2005) Morphodynamic of River with Groynes.
2. Yang, C. T., "Minimum Stream Power and Fluvial Hydraulics", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 102, No. HY7, August 1976
3. Garcia, R. and Kahawita, R.A., "Numerical Solution of the St.Venant Equation with the MacCormack Finite Difference Scheme", Int.J. for Numerical Methods in FLUIDS, Vol. 6, pp. 1986
4. Chang, H. H., "Fluvial Processed in River Engineering", John Wiley & Sons, 1988
5. 정재욱, 정현수, 이종설, 윤세의(2000). RMA-2 모형을 이용한 만곡수로의 흐름특성 분석, 토목학회 논문개요집, pp. 480-482
6. 이형호(2003). 하도만곡부에 설치된 수제의 수리기능에 관한 연구, 석사학위논문, pp. 62-72
7. 류승렬(2003). 도시하천의 생태적복원을 위한 하생미지형 조성방안에 관한 연구, 석사학위논문, pp. 31-32
8. 한국수자원학회(2005). 하천설계기준·해설, pp. 547-566