

월류수제 주변의 2차원 흐름특성 해석

Analysis on Characteristics of Two-Dimensional Flow around Overflow Groynes

전도석*·김근영**·박효길***·지홍기****

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

요 지

수제는 본래 제방의 보호나 주운의 수심확보를 등을 목적으로 제방과 수직에 가까운 각도로 설치되는 하천구조물이며, 수제의 형태에는 월류수제와 비월류수제 등 두 종류가 있다. 과거 하천의 주운으로 이용되었던 시절에는 대부분의 하천에서 수제를 볼 수 있었지만 하천의 수운교통의 쇠퇴, 제방축조기술의 발달에 따라 본래의 역할을 유지하지 못하여 최근에는 수제공법이 활용되지 않고 있는 실정이다. 최근에는 하천의 생태서식환경을 개선시킴과 동시에 주운용 수심을 확보하기 위하여 수제 설치가 주요한 공법으로 널리 행해지게 되었지만, 아직도 수제 설치에 있어서 하천의 기하학적 구조와 흐름특성을 제대로 반영하지 못함으로써 시행착오가 많이 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 가상하도에서 2차원 수리모델인 RMA2를 이용하여 월류형 수제 주변의 흐름특성을 검토하였다.

핵심용어 : 수제, RMA-2, 월류수제

1. 서론

수제는 하천의 흐름을 적극적으로 제어하여 수심을 유지하고, 소류력을 증가시키는 한편 수세를 줄여서 토사의 침전을 유치하고자 하는 하천 공작물이다. 과거 주운을 위한 저수로 유도에 적용되고 있는 수제는 하천에서의 흐름을 하도의 중앙으로 집중시켜 일정수심을 확보하는 역할을 하며, 흐름방향과 유속을 제어함으로써 흐름에 의한 제방기초의 침식작용을 방지하는 호안역할을 하였다. 수제는 월류여부에 따라 월류수제와 비월류수제로 분류되며, 두 가지 경우에서의 수제주변의 흐름특성을 적절히 이용하여 하천에 설치함으로써 수제설치효과의 극대화를 창출해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 월류로 인하여 흐르는 물이 하류측에 세굴을 발생시킬 수 있는 월류수제주변의 흐름특성을 파악하도록 하겠다.

* 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

2. 수리해석이론

2.1 2차원 수리해석 RMA-2모형의 적용

RMA2 모형은 동수역학적인 문제를 풀기 위한 2차원의 평균 수심과 자유수면을 고려한 유한 요소 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

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

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

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

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

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

3. 가상하도 및 수제 모델링

3.1 가상하도의 구축 및 제원

본 연구에서는 임의로 하도를 구축하여 수제의 설치가 필요한 만곡부에 월류형 수제를 설치하였다. 만곡하도의 연장은 270m이고 하도의 중심과의 곡률반경은 90m이며, 하폭이 50m인 가상하도를 구축하였다. 가상 만곡하도의 제원은 표 1에 제시되어 있다.

또한 수제간격은 「수제 설치간격에 따른 수제 주변 흐름특성에 관한 실험 연구(강준구의 2006)」를 참고하여, 하안보호 측면에서 수제설치간격을 수제길이의 약 3~3.5배로 대칭 수제군을 설치하였다

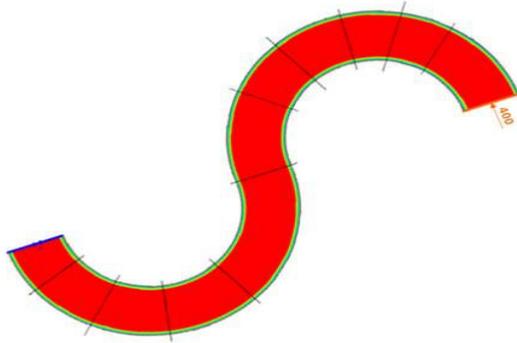


그림 1. 가상하도의 구축 및 수제설치위치 결정

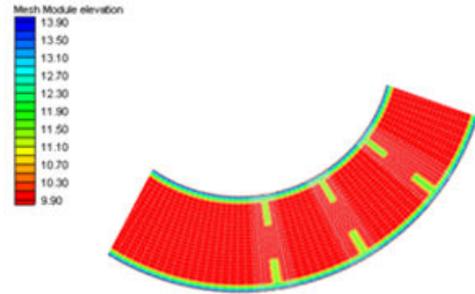


그림 2. 설치간격을 고려한 수제의 설치

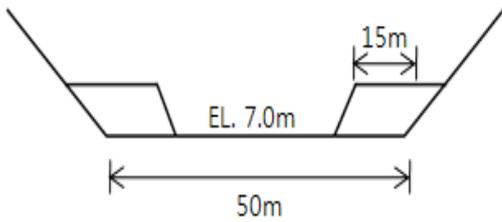


그림 3. 하도 횡단도 (월류형)

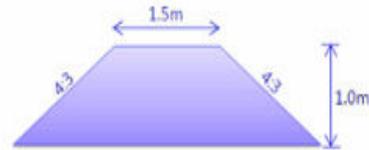


그림 4. 수제 단면도

표 1. 가상 만곡하도 월류형 수제의 경계조건 및 입력자료

구분	하도길이 (m)	하폭 (m)	유량 (m ³ /s)	수위 (EL.m)	조도계수 (n)	난류교환계수 (N · s/m ²)	수제길이 (m)	수제높이 (m)
제원	270	50	400	10.0	0.030	1,500	15	1.0

3.2 월류수제주변의 흐름특성분석

가상하도에 수제설치간격 L 과 수제길이 l 에 대한 무차원값 L/l 이 3~3.5가 되도록 월류형 수제를 설치하였다. 2차원 해석모델인 RMA-2로 수리분석한 결과 월류수제주변의 흐름특성은 <그림 5>, <그림 6> 및 <그림 7>과 같다.

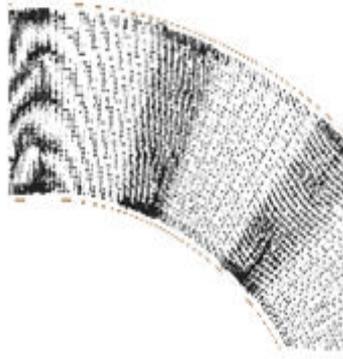


그림 5. 분석결과1 (흐름방향)

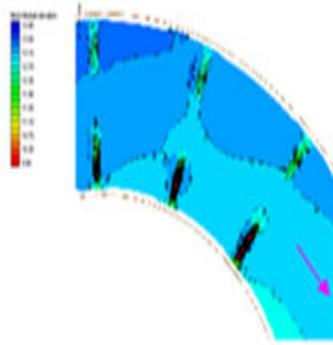


그림 6. 분석결과2 (수위)

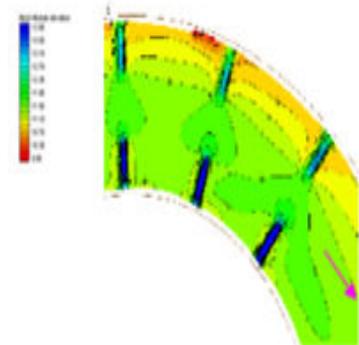


그림 7. 분석결과3 (유속)

그림 8. 분석결과 4 (수위 종단도)

그림 9. 분석결과 5 (유속 종단도)

월류형 수제를 설치한 만곡부의 하도에서는 수제 선단부를 월류하면서 강한 사류가 발생함을 알 수 있고, 수제 사이에서의 회류현상은 발생하지 않은 것을 확인 할 수 있다. 또한 <그림 8>의 수위종단도에서 두드러지게 나타난 것처럼, 수제 선단부에서 종단수위가 갑자기 떨어지는 것은 월류형 수제 설치 시 선단부에서의 세굴의 영향이 증점적으로 고려되어야 하는 것으로 판단된다. 수제 선단부를 통과하고 나서 다시 원수위대로 회복하는 것도 확인 할 수 있다. 또한 월류형 수제의 유속은 <그림 7>에서 나타나는 것처럼, 수중부의 유속보다 대안측의 유속이 상대적으로 빠른 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 월류형 수제를 가상의 만곡하도에 구축하여 2차원 흐름특성을 분석하였다.

1) 월류형 수제를 설치한 만곡부 하도에서 수제단면의 횡단수위는 하도 중심이 상대적으로 양안측보다 낮았지만 명확한 차이는 발견 할 수 없었고, 유속도 큰 차이를 보이지는 않았다.

2) 월류형 수제의 보호와 안정화를 위하여 선단부에서 세굴의 영향에 관한 연구가 필요하다.

3) 현재의 하천설계기준에서는 수제설계를 위한 명확한 기준이 마련되어 있지 않으므로 시급히 보완하여, 수제를 실무에 적절히 적용하여 하도의 안정화와 세굴의 위험을 줄일 수 있는 근거를 마련해야 할 것으로 판단된다.

감사의글

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

참고문헌

1. 박효길, 서영민, 전도석, 지홍기 (2008), 충적하천에서 수제에 의한 운하수로의 안정화기법, 2008년 한국수자원학회 학술발표논문집
2. Yang, C. T.(1976), "Minimum Stream Power and Fluvial Hydraulics", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 102, No. HY7, August.
3. F.M. Yossef (2005) Morphodynamic of River with Groynes.
4. 강준구, 여홍구, 노영신(2006), 수제 설치간격에 따른 수제주변 흐름특성에 관한 실험 연구, 대한토목학회 제26권 제3B호, pp.271~278.
5. 여홍구, 강준구, 노영신, 김성중(2006), 월류 수제 주변의 국부세굴특성에 관한 실험연구, 한국수자원학회 06 학술발표회 논문집, pp. 1561~1565
6. 藤田一郎(2004), LSPIVによる宇治川水制群の越流・非越流状態の流れの計測, 神戸大学都市安全研究中心 研究报告, 第8号.
- 7 黄文典, 李嘉(2005), 淹没丁坝平面二维水流数值模拟研究, 四川大学学报 第37卷 第1期.