충적하천에서 수제에 의한 운하수로의 안정화기법

Stabilization Techniques of Canal by Groyne in Alluvial Channel

박효길*, 서영민, 전도석***, 지홍기****
Hyo Gil Park, Young Min Seo, Do Seok Chun, Hong Kee Jee

요 지

본 연구는 충적하천에 주운용 운하수로를 유도하기 위한 공법으로 충적하천의 사행수로에서 수충부에 수제를 설치하여 하안의 침식을 막고 대안측에 사주발생역의 발달을 억제할 수 있는 수로안정화 기법을 제시하였다.

낙동강은 대표적인 충적하천으로 발달하고 있어 최근 국내에서 논의 되고 있는 운하수로는 사행이 심한 하도구간에서 하도중심부로의 유심 유도가 필수적이다. 수제는 하천의 흐름을 하도 중앙으로 집중시켜 주운을 위한 일정수심을 확보하는 역할을 하며, 흐름방향과 유속을 제어함으로써 흐름에 의한 하안의 침식작용을 억제하는 호안 역할을 병행한다.

따라서 수제 설치에 따른 가상만곡도와 낙동강의 회천합류부~황강합류부 하도구간(L=10km)을 2차원 수리모델인 RMA-2로 수리학적 해석을 실시하여 하도중심부로의 유심 유도와 수심 확보를 위한 유속을 비교분석함으로써 수제에 의한 하도의 안정화를 유도할 수 있었다.

핵심용어 : 수제, 충적하천, 운하수로, 유심, RMA-2

1. 서 론

수제는 하천에서 흐름을 하도 중앙으로 집중시켜 주운을 위한 일정수심을 확보하는 역할을 하며 흐름방향과 유속을 제어함으로써 흐름에 의한 제방침식작용을 방지하는 호안 역할을 한다. 근래까지 하천정비사업에서는 직강화와 더불어 대부분 콘크리트 등과 같은 견고한 재료로 하안을 피복하는 호안기법을 사용함으로써 자연스러운 침식퇴적작용을 억제하고 하안을 고착화, 단순화시켜왔다. 수제는 하안 및 제방의 보호기능 외에 국부적인 침식과 퇴적을 유도함으로써 자연스러운 형태의 하안을 형성하여 다양한 생태환경을 제공한다.

따라서 본 연구에서는 만곡부에서의 합리적인 수제공 설계 근거를 확립하기 위하여 가상만곡하도에서 2차원 수리모델인 RMA-2를 이용하여 수위, 유속 등을 좌안, 우안 및 중앙부로 나누어 비교검토하였으며, 낙동강의 회천합류부~황강합류부의 실제 하도구간(L=10km)을 RMA-2로 수리학적 해석을 실시하여 하도중심부로의 유심 유도와 수심을 확보를 위한 유속을 비교분석하였다.

* 정회원·영남대학교 대학원·석사과정·E-mail : rookey1004@nate.com
** 정회원·영남대학교 대학원·박사과정·E-mail : elofy@ynu.ac.kr
*** 한국수자원공사 경북지역본부·E-mail : doseok1234@hanmail.net
**** 정회원·영남대학교 건설환경공학부·교수·E-mail : hkjee@yu.ac.kr

2. 2차원 수리모형의 기본이론

RMA-2 모형은 동수역학적인 문제를 풀기 위한 2차원의 평균수심과 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

$$\frac{\delta h}{\delta t}+h(\frac{\delta u}{\delta x}+\frac{\delta v}{\delta y})+u\frac{\delta h}{\delta x}+v\frac{\delta h}{\delta y}=0 \tag{2.1}$$

운동량방정식

$$h\frac{\delta u}{\delta t}+hu\frac{\delta u}{\delta x}+hu\frac{\delta u}{\delta y}-\frac{h}{\rho}(\varepsilon_{xx}\frac{\delta^2 u}{\delta x^2}+\varepsilon_{xy}\frac{\delta^2 u}{\delta y^2})+gh(\frac{\delta a}{\delta x}+\frac{\delta h}{\delta x}) \tag{2.2}$$

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

$$h\frac{\delta v}{\delta t}+hv\frac{\delta v}{\delta x}+hv\frac{\delta v}{\delta y}-\frac{h}{\rho}(\varepsilon_{xx}\frac{\delta^2 v}{\delta x^2}+\varepsilon_{xy}\frac{\delta^2 v}{\delta y^2})+gh(\frac{\delta a}{\delta y}+\frac{\delta h}{\delta y}) \tag{2.3}$$

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

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

3. 하천의 2차원 수리해석

3.1 가상 만곡하도 및 수제의 제원

본 연구의 수치계산용 수로는 상류 및 하류의 경계조건은 400m^3/s 및 EL. 4m으로 일정하게 두었으며, 격자망의 제원은 표 1과 같고 수제의 제원은 표2와 같은 조건하에 모의하였다.

표 1. 가상 만곡하도의 격자망 제원

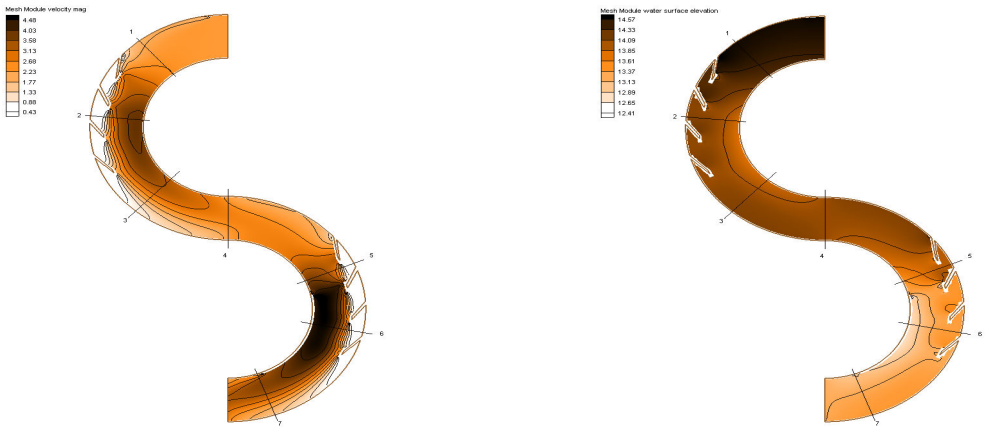
구분	곡률반경 (m)	하폭 (m)	곡률반경/하폭 Rc/B	유량 (m^3/s)	조도계수 n	난류교환계수 (N·s/m^2)
	80	40	2	400	0.025	1,500

표 2. 수제의 제원

구분	길이	간격	개수	월류여부
	20	35	4	비월류

수제길이 : $\ell=h_{\max}\sqrt{(1+m^2)}$, 수제간격 : $L_{\max}=Cot\alpha\frac{B-b}{2}$

3.2 만곡하도의 2차원 수리해석 비교



(a) 수제 설치후 유속분포 (b) 수제 설치후 수위분포

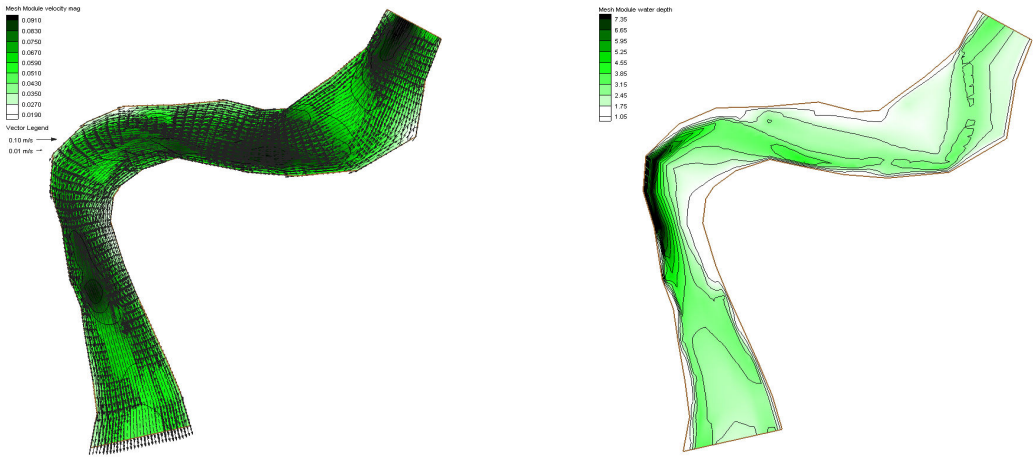
그림 1. 가상 만곡 하도의 수제에 따른 유속 및 수위분포

단면별 유속분포는 그림 1(a)와 같이 수제 설치에 따라 좌안에서 수제까지 유속의 변화가 크게 나타났으며, 만곡부의 외측(수충부)은 현저히 감소하는 것으로 나타났고, 하도 중심부 및 내측(정체부)는 약간 증가하는 분포를 보였다.

만곡부에서의 수위는 그림1(b)와 같이 원심력에 의하여 수충부측의 수위가 대안측보다 상승하는 일반적인 경향을 잘 재현하였으며, 수제 설치시에는 수충부의 수위상승이 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다.

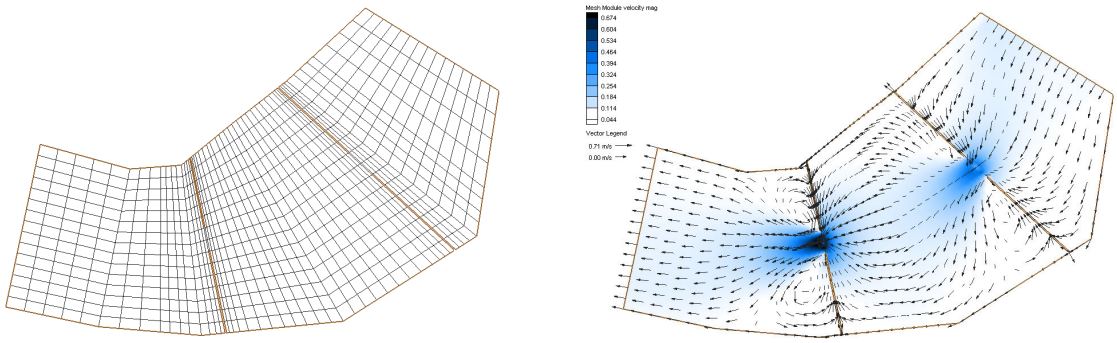
3.3 대상유역에 대한 적용

낙동강의 회천합류부~황강합류부 하도구간(L=10km)을 상류조건으로 유량 100m^3/s와 하류조건으로 6.5m를 두고 RMA-2로 수리학적 정류해석을 실시하여 하도중심부로의 유심 유도와 수심을 확보를 위한 유속을 비교분석하였다.



(a) 대상유역에 대한 유속분포도 (b) 대상유역에 대한 등수심도

그림 2. 대상유역에 대한 유속분포도와 등수심도



(a) 수제설치 격자구성　　(b) 수제설치 유속분포도

그림 3. 수제설치 격자구성과 유속분포도

그림 3(a)는 회천합류부~황강합류부 하도구간의 수제설치 격자구성을 나타내고 있으며, 그림 3(b)는 유속분포도로 수제 설치시 하천의 흐름을 하도 중앙으로 집중시키고 수제하류측 하안부에 유속의 감소로 유사가 일정방향으로 퇴적될 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 가상하도에서 만곡부 수제공의 수리학적 원리를 통해 제방 또는 호안 파괴의 빈도가 많은 수충부의 수리현상을 파악하고 실제 대상유역에 적용하여 수제를 설치함으로써 하천에서 흐름을 하도 중앙으로 집중시켜 주운을 위한 수심을 확보를 위한 유속 집중현상에 대해 RMA-2 프로그램을 적용하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 가상하도에서 수제 설치에 따라 수제 설치에 따라 좌안에서 수제까지 유속의 변화가 크게 나타났으며, 만곡부의 외측(수충부)는 현저히 감소하는 것으로 나타나고, 하도 중심부 및 내측(정체부)은 다소 증가하는 분포를 보였다.
2) 대상유역인 낙동강의 회천합류부~황강합류부 구간에 수제설치시 하천의 흐름을 하도 중앙으로 집중시키고 수제하류측 하안부에 유속의 감소로 유사가 일정방향으로 퇴적될 수 있음을 알 수 있었다.
3) 현재 국내 하천설계기준에는 수제설계를 위한 명확한 기준이 없으므로 앞으로 시급히 그 기준을 설정하여 수제를 실무에 적용할 수 있도록 근거를 마련해야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 정재욱, 정현수, 이종설, 윤세의(2000). RMA-2 모형을 이용한 만곡수로의 흐름특성 분석, 토목학회 논문개요집, pp. 480-482
2. 이형호(2003). 하도만곡부에 설치된 수제의 수리기능에 관한 연구, 석사학위논문, pp. 62-72
3. Yang, C. T., "Minimum Stream Power and Fluvial Hydraulics", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 102, No. HY7, August 1976
4. Chang, H. H., "Fluvial Processed in River Engineering", John Wiley & Sons, 1988
5. User Guide to RMA-2 WES Version 4.5, 2005