개수로 흐름에서 사행도가 흐름방향 유속의 연직분포에 미치는 영향

Effect of Sinuosity on Vertical Distribution of Streamwise Velocity in Open Channel Flow

서일원*, 백동해**

Il Won Seo, Donghae Baek

요 지

자연하천의 주요한 특징 중 하나인 하천의 사행은 직선수로에서 예측되는 유속분포를 왜곡시키며 매우 복잡한 흐름구조를 형성한다. 이는 하상 경계면에서 발생하는 전단응력 분포의 변화를 야기하는데 하상 경계면에서의 전단응력은 다양한 경험적 관계에 의존하는 유사이동의 한계 소류력 산정 및 오염물질 거동해석의 분산계수 산정에 많은 영향을 미치게 된다. 물리적인 관측을 통한 하상 경계면에서의 전단응력의 관측은 다소 제한적이며 많은 비용을 요구한다. 따라서 하상 경계면에서 발생하는 전단응력의 경우 수심의 20% 이하의 연직 유속분포를 벽법칙에 적용하여 추정하는 방법이 주로 이루어지고 있다. 벽법칙을 이용한 하상 경계면의 전단응력을 계산하는 경우 대수중복층의 유속 분포 $u/u^*=(1/\kappa)ln(zu^*/\nu)+B$에서 무차원상수 κ와 B의 적절한 추정이 요구되어진다. 일반적으로 무차원상수 κ와 B는 수리학적으로 매끄러운 벽면에서 대략 κ=0.4, B=5.5로서 경험적으로 이용되고 있다.

본 연구에서는 직선수로 및 다양한 사행수로의 3차원 흐름장 모의를 수행하여 벽법칙의 대수중복층을 따르는 주흐름 방향 유속의 연직분포를 비교하였다. 수치모의 소프트웨어로서 Linux 기반의 OpenFOAM이 사용되었으며 모델의 검증을 위해 Chang(1971)에 의해 수행 된 사행수로에서의 유속장 관측 결과와 비교하였고 수치모의 결과가 실험 관측치와 잘 일치하는 것으로 판단되었다. 수치모의에 적용 된 사행수로의 형상은 Hey(1976)에 의해 제안 된 사행하천의 지형학적 인자들 간에 관계를 이용하여 사행도 1.03에서 2.42까지 총 7개의 사행수로 지형을 생성하였다.

사행도의 변화에 따라 만곡부 정점에서 대수중복층 구간의 주흐름 방향 유속의 연직분포를 비교한 결과, 본 연구에서 생성 된 모든 사행수로에서 대수중복층 구간의 무차원 유속 u^+와 무차원 거리 z^+가 로그 분포를 따르는 것으로 나타났으나 경험적으로 사용되었던 무차원상수 B의 경우 사행도가 증가 할수록 대수적으로 감소하는 경향이 나타났다. 본 연구에서는 이러한 관계가 무차원 상수 B값에 미치는 영향을 반영하여 수리학적으로 매끄러운 벽면에서 적용이 가능한 수정된 대수중복층 식을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 개수로 흐름, 사행수로, 벽법칙, 마찰유속, 수치모의, OpenFOAM

* 정회원・서울대학교 공과대학 건설환경공학부 정교수・E-mail : seoilwon@snu.ac.kr

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정・E-mail : wes1204@snu.ac.kr