

3차원 입자 영상 유속계를 기반으로 한 경계층 내 난류 흐름이 유사에 미치는 영향에 대한 연구

Effect of turbulent motions within the boundary layer on the sediment transport based on the three-dimensional particle image velocimetry

박형철*, 황진환**

Hyungchul Park, Jin Hwan Hwang

.....
요 지

자연하천 바닥 경계층 내에서는 복잡한 난류 구조가 형성되며 이들은 하상에 강한 모멘텀을 전달한다. 바닥 부근에 분포하는 유사 입자들은 경계층 내에서 발생한 난류 흐름으로부터 모멘텀을 전달받아 소류사 혹은 부유사 형태로 이송되게 되며, 이러한 유사 이송 과정을 역학적으로 설명하기 위해서는 경계층 내 유체 흐름에 대한 이해가 선행되어야한다. 경계층 내 난류 흐름 특성이 유사 입자의 움직임에 미치는 영향에 대해 분석하기 위해서는 바닥 경계층 내 고해상도 유속 자료와 유사 움직임을 동시에 포착할 수 있는 기술이 요구된다. 하지만 현재까지 수행된 대부분의 선행 연구들은 점 유속을 측정할 수 있는 음파 도플러 유속계 (Acoustic Doppler Velocimetry) 혹은 2차원 입자 영상 유속계를 활용하였으며, 이들은 복잡한 3차원 난류 흐름 특성을 분석하기에는 한계가 있다.

본 연구의 목적은 실험실 실험을 통해 바닥 경계층 내 3차원 난류 흐름이 유사 이송에 미치는 영향에 대해 조사하는 것이다. 본 연구에서는 유사 주변에서의 고해상도 3차원 흐름 유동장 및 순간적인 유사 움직임에 대해서는 합성 개구 (synthetic aperture) 기반의 3차원 입자 영상 유속계 및 입자 추적 유속계를 활용하여 취득하였다. 취득된 흐름 유동장을 기반으로 레이놀즈 전단응력을 산정하였으며 이를 통해 유체가 하상에 미치는 모멘텀의 크기를 파악하였다. 복잡한 난류 흐름 구조에 대해서는 팔분원 분석 (octant analysis)을 통해 구분했으며, 유사 움직이는 순간의 유속장을 기반으로 유사 이송을 발생시키는 지배적인 난류 흐름 특성에 대해 규명하였다.

본 연구는 바닥 경계층 내 복잡한 3차원 난류 흐름과 유사 입자의 움직임을 동시에 분석함으로써 기존에 수행되어왔던 선행 연구들의 한계점을 극복하고 보다 명확한 유사 이송의 발생 원인에 대해 분석했다는 점에 의의가 있다.

핵심용어 : 유사 이송, 3차원 입자 영상 유속계, 난류 유동, 바닥 경계층, 레이놀즈 전단응력

감사의 글

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 화학사고대응환경기술개발사업(R&D)의 지원을 받아 연구되었습니다. (과제번호 1485016869)

* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : hyungchul1288@snu.ac.kr

** 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수 · E-mail: jinhwang@snu.ac.kr