

비압축성 SPH와 Coarse-Grained DEM을 활용한 세굴 모사

Scour Simulation by Coarse-Grained DEM Coupled with Incompressible SPH

김지환*, 이지형**, 장호영***, 주영석****

Jihwan Kim, Ji-Hyeong Lee, Hoyoung Jang, Young Seok Joo

요 지

세굴은 유체와 유사의 상호작용으로 발생하는 중요한 자연 현상 중 하나로, 구조 및 지반 붕괴, 홍수, 생태계 파괴 등의 문제를 야기할 수 있다. 이러한 세굴 현상을 예측하기 위해 많은 수치적 연구가 진행되어왔지만, 대부분의 연구가 기존 격자기반방법인 유한체적법 (FVM)과 개별요소법 (DEM)이 연성된 모델을 이용하였고, 이는 격자 의존도로 인한 정확도와 효율성의 문제점을 보였다. 해결책으로 입자기반 유체해석 방법인 약압축성 SPH (WCSPH)와 개별요소법의 결합모델을 이용한 모의가 연구되어 왔지만, 단순 밀도차를 활용한 유체해석방법이 압력의 불안정성을 야기하여 유사의 운동에도 영향을 주는 결과를 보였다. 또한, 개별요소법의 특성상 모의 입자의 크기를 실제 실험 입자의 크기와 동일하게 설정하면서 입자수가 지나치게 증가해 계산의 효율성이 현저히 낮아지게 되었고, 이로 인해 실제 자연 지형에 적용하는데 어려움을 보여주었다.

본 연구에서는 향상된 세굴 수치모의해석을 위해 반복법을 통해 안정적인 유체 압력을 계산하는 비압축성 SPH (ISPH)와 개별요소법을 연성한 ISPH-DEM 모델을 사용하였다. 또한, 계산속도 향상을 위해 하나의 입자가 다수의 작은 입자의 움직임을 대표하는 Coarse-grained 방법을 적용하여 기존 모델을 개선하였다. 개선된 모델을 NFLOW ISPH PURPLE 소프트웨어를 이용하여 세굴 현상을 수치 모의하였고 실험 결과와 검증을 진행한 결과, 세굴의 깊이, 너비, 형상 등을 비교하였을 때 약 10% 이내의 오차를 보였고, Coarse-grained 방법을 통한 입자 수 감소로 최소 13배 증가된 해석 속도를 보였다. 이를 통해 본 연구에서 제시된 모델이 실제 자연 지형에서의 적용가능성을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 비압축성 SPH, 개별요소법, Coarse-grained, 세굴, 퇴적

* 연구원, SPH솔루션연구팀, 이에이트(주) · E-mail : zxscg0126@e8ight.co.kr

** 주임연구원, SPH솔루션연구팀, 이에이트(주) · E-mail : jhlee@e8ight.co.kr

*** 주임연구원, SPH솔루션연구팀, 이에이트(주) · E-mail : kufjang@e8ight.co.kr

**** 정회원 · 상무이사, 이에이트(주) · E-mail : ysjoo@e8ight.co.kr