

퇴적 시뮬레이션을 위한 입자 기반 프로그램 개발

김경성*

* 동명대학교

Development of particle based program for sedimentation

Kyung Sung Kim*

* Tongmyong University

핵심용어 : 입자법, 토사, 퇴적

Key Words : Particle Method, Solid Particle, Sedimentation

1. 개요 및 연구목적

컴퓨터의 연산 능력의 발달은 메모리 및 연산 시간의 한계로 인해 적용이 힘들었던 입자 기반 전산유체역학을 가능하게 하였다. 입자 기반 전산유체역학은 시간의 흐름에 따라 이류항에 의한 수치 오류가 없다는 장점이외에도 각각의 입자가 물리량을 가지고 운동하며 이를 추적하는 방식이기 때문에 유체뿐만 아니라 고체 입자의 시뮬레이션에도 장점을 가진다.

입자법 중 Discretized Element Method 법이 고체 입자 시뮬레이션에서 장점을 가지고 있지만 Moving Particle Semi-implicit(MPS)법은 압력항을 음적으로 계산하기 때문에 고체 단일 시뮬레이션이 아닌 유동 내에서의 고체 입자가 유동에 의해 받는 영향에 대해 보다 정도 높은 해석이 가능하다.

본 연구에서는 입자 기반 전산유체역학 기법 중 Moving Particle Semi-implicit 법을 개량하여 고체 입자 시뮬레이션에 적합한 프로그램을 개발하고 이를 고체 단일 퇴적 시뮬레이션에 적용하였다.

2. 연구방법

MPS법의 지배방정식은 연속방정식과 Navier-Stoke 방정식을 사용한다.

$$\frac{d\rho}{dt} = 0 \tag{1}$$

$$\rho \frac{Du}{Dt} = -\rho \nabla P + \mu \nabla^2 \vec{u} + \sigma \kappa \vec{n} + \vec{F} \tag{2}$$

여기서 ρ 는 유체의 밀도, \vec{u} 는 입자의 속도, t 는 시간, ∇ 는 구배, P 는 압력, μ 는 점성계수, σ 는 표면장력 계수, κ 는 경계면의 곡률, \vec{n} 는 경계면의 단위법선벡터, \vec{F} 는 외력, ∇^2 는 라플라시안을 각각 나타낸다. 위의 지배방정식은 라그랑지 접근법을 따르는 입자법의 차분형태로 변환된다. 고체 입자의 경우 지배방정식 중 식(2)인 Navier-stoke 방정식에서 우변의 2번째항인 점성항과 4번째항인 표면장력항을 제거하고 5번째 항인 외력항에 중력가속도와 고체 입자의 마찰력을 적용하여 고체입자를 위한 시뮬레이션 프로그램을 완성하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 새로이 개발 된 고체 입자를 위한 입자 기반 전산유체역학 기법을 이용하여 댐 붕괴 문제에 적용하였다. 개발된 프로그램을 이용하여 토사의 붕괴에 적용한 경우, 붕괴된 토사가 유체와는 달리 밀려 유동이 발달하는 것이 아닌 토사기둥이 붕괴되는 것을 알 수 있다. 그리고 마지막 형태는 안식각을 가지는 것으로 본 연구에서 개발된 프로그램이 고체 입자 시뮬레이션을 적절히 구현한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서 개발 된 프로그램을 이용하여 토사물의 댐붕괴를 시뮬레이션 하고 이를 유체의 붕괴와 비교를 수행하였다. 토사물 시뮬레이션을 위해 지배방정식인 Navier Stoke 방정식에서 점성항과 표면장력항을 고체 입자에 한하여 삭제하여 프로그램을 완성하였다. 토사물 붕괴시의 안식각의 표현 등의 결과를 통해 프로그램을 검증하였다.

* First Author : keiuskim@tu.ac.kr, 051-629-1655

† Corresponding Author : keiuskim@tu.ac.kr, 051-629-1655