사각형 수로에서 중력류의 다상흐름 수치모델링

A Multiphase Flow Modeling of Gravity Currents in a Rectangular Channel

백중철[1], 김병주[2]
Paik Joongcheol, Kim Byung Joo

요 지

중력류 또는 밀도류는 주변 유체에 비해 상대적으로 밀도가 큰 유체가 밀도차에 의한 추진력으로 흐르는 것이다. 중력류의 수치모델링에는 두 가지 어려움이 있다. 즉, 적합한 지배방정식을 구성하여 적용하는 것 그리고 난류의 영향을 합리적으로 반영하는 것이다. 기존 중력류 해석을 위한 지배방정식들은 유체의 연속방정식과 운동량 방정식 그리고 밀도 또는 농도의 이송방정식을 조합하여 구성된다. 이들 지배방정식을 이용한 연구들은 대부분 두 유체 사이의 밀도차가 충분히 작아서 밀도 변동(variations)의 영향은 오로지 부력항에서만 유지된다는 Boussinesq 근사에 근거를 둔다. 그리고 이송방정식에서 밀도 또는 농도의 확산계수을 점성계수의 함수로 표현하기 위해서 Schmidt 수를 이용한다. 수치모델링에서 Schimdt 수는 상수값을 적용하지만, 이 값은 밀도의 연직방향 경사에 근거한 부력빈도(buoyancy frequency)와 난류량의 따라 큰 차이를 보이는 것으로 알려져있다. 한편, 표준 통계학적 난류모델과 벽함수를 적용한 수치모델링은 초기 중력에 의해서 무너지는(slumping) 단계를 넘어 관성력으로 추진되는 단계와 점성 효과가 지배적인 단계에서는 정확도에 현저히 낮아지기 때문에 대부분 큰와모의(large-eddy simulation, LES) 또는 DNS(direct numerical simulation)수준의 고해상도(high-resolution) 해석기법을 적용하여 공학적인 문제에 적용하는 데는 한계가 있다. 이 연구에서는 Boussinesq 근사와 Schmidt 수를 사용하지 않으며, LES 보다 적용이 용이한 DES (detached-eddy simulation)기법을 조합한 다상흐름 수치모델을 적용하여 중력류를 해석을 시도하였다. 수치해석결과를 실험값과 함께 기존 수치모델링 기법으로 구한 수치해와 비교분석하여 이 연구에서 개발 및 적용된 수치모델링 기법의 적용성을 평가한다.

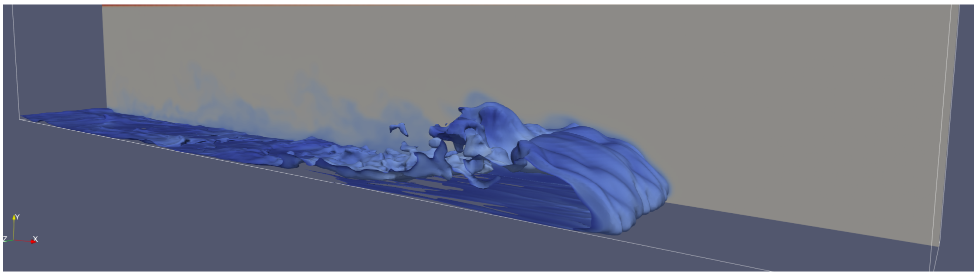

Fig. 1. Snapshot of a gravity current propagating along the bottom computed at 17.7 after releasing a fix volume of dense fluid from a lock.

1) 정회원・강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 교수・E-mail : paik@gwnu.ac.kr
2) 정회원・강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 ・E-mail : kbj61002@naver.com