

수면 충격파의 수치모의

Numerical modeling of impulse wave

백중철*
Joongcheol Paik

.....

요 지

저수지나 하천 사면에서 발생하는 산사태와 토석류는 저수지와 하천 수체에 충격을 가한다. 이로 인해 발생하는 수면 충격파는 전파되어 반대편 제방으로 파의 처오름 또는 댐 체체위로의 물넘이로 큰 피해를 줄 수 있다. 최근 외국에서는 2차원 충격파 생성 및 전파의 기본 과정을 구명하기 위한 실험적 연구가 이뤄지고 있으며, 이들 연구들은 충격파의 발생과 전파, 사면활동 물질과 수체의 상호작용 그리고 자유 수면과 유속분포의 발달에 대한 자세한 관측 자료를 제시하고 있다. 아울러 충격파에 영향을 주는 지배 매개변수를 제시하고 있다. 하지만, 이러한 실험적 연구의 최근 진보에도 불구하고, 이들 지배 매개변수를 고려한 충격파 지배 공식들은 대상 지역의 복잡한 바닥 지형이나, 평면적 지형 변화를 단순한 추정치로만 고려하게 된다. 따라서 복잡한 지형조건에서 토석류와 수체의 상호작용과 수면 충격파의 전파를 합리적으로 해석하는 데는 한계가 있다. 이 경우 수치모델링 기법을 대안으로 적용할 수 있으나, 수치모델링은 수면에서 충격파의 전파와 수중에서 토석류의 전파를 동시에 모의해야 하고, 뉴턴 유체와 비뉴턴 유체의 특성을 동시에 고려해야하므로 수치해석 연구자들에게는 하나의 큰 도전사항이다.

이 연구는 경계면 포착기법을 이용한 계산유체동역학 기법을 이용하여 사면활동과 이로 인한 정지 구역에서의 충격파의 발생 및 전파를 재현하기 위한 수치 모델링 기법을 개발하는 것이 목적이다. 사면활동과 수면의 경계면을 포착하고 위치를 정립하기 위해서 VOF (volume of fluid) 경계면 재구축 기법을 이용한다. 지배방정식은 비압축성(incompressible) 질량 보존방정식과 나비에-스톡스(Navier-Stokes) 방정식이며, 서로 다른 유체의 상(phase)에 대한 체적분할이송방정식을 이용한다. 큰와 모의 계열의 난류 모델링 기법을 적용하여 충격파의 전파와 붕괴에 대한 난류의 영향을 고려하였다. 토석류는 비뉴턴 흐름저항 관계식을 적용하여 그 흐름특성을 재현하였다. 이들 지배방정식은 2차 정확도의 유한체적법(finite volume method)을 이용하여 해석한다. 외국의 연구자들이 관측하여 제시한 길이 11 m 그리고 폭 0.5 m의 수로에서 발생한 충격파를 수치적으로 재현하여 개발된 모형의 실제 문제에 대한 적용성을 보여준다.

핵심용어 : 토석류, 충격파, 자유수면, 파 처오름, 수치해석

감사의 글

본 연구는 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전연구사업의 지원(No. 2012M3A2A1050979)을 받아 수행되었습니다.

* 정회원 · 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 부교수 · E-mail : paik@gwnu.ac.kr