

합성곱 저장대모형을 이용한 하천에서의 용존물질 거동 해석

Solute Transport Analysis in a Natural River using Convolutional Storage Model

김병욱*, 서일원**, 권시윤***
Byunguk Kim, Il Won Seo

요 지

하천은 용수공급, 관개, 친수활동, 산업활동 등 인간의 활동에 중요한 역할을 한다. 이에 따라 수질관리는 필수적이며 유기물, 중금속, 화학물질 등의 용존물질들은 수질문제에 직접적으로 영향을 미친다. 따라서 하천에서의 용존물질의 혼합 거동을 파악하기 위한 연구가 지난 수십년간 이루어지고 있다. 하천 흐름에 따른 오염물질의 이동 및 확산 거동을 예측하기 위하여 1차원 추적모형이 활용되는데, 그 중 하천저장대 모형(Transient Storage Model, TSM)은 자연하천의 복잡하고 불규칙한 수리·지형적인 특성을 단순하게 반영할 수 있다는 장점때문에 가장 많이 사용된다. 하지만 TSM은 매개변수에 대한 의존성과 불확도가 크며, TSM의 저장대에서의 농도분포에 대한 지수함수형태의 모델링이 하상간극수역(Hyporheic zone)에서의 저장대 특성을 반영하기에 구조적으로 부정확하다는 단점이 제기되고 있다.

최근 이러한 TSM의 단점을 보완하고 하천에서의 저장대 메커니즘을 보다 정확하게 구현하고자 체류시간분포(residence time distribution)를 이용한 확률론적 저장대 모델링 프레임워크가 등장하고 있다. 본 연구에서는 본류대와 저장대에서의 오염물질의 체류시간분포를 분리하여 해석하고 이를 전달함수(transfer function)를 이용한 합성곱으로 결합한 형태의 프레임워크를 적용하여 모델링하였다. 상기의 모형을 검증하기 위하여 2019년 감천의 4.85km 구간에서 추적자 실험을 실시하였다. 실험 당시 유량은 $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 풍수기에 해당되며 평균 유속은 약 0.6 m/s 로 측정되었다. 모형의 매개변수는 추적자 실험으로부터 최적화 기법을 통해 역모델링기법으로 결정하였다.

제안된 모형에 의한 모의 결과를 추적자 실험에서의 농도측정자료와 비교한 결과, 평균 0.988의 결정계수를 보여 매우 높은 정확도를 보이고 있음을 알 수 있었다. 저장대특성을 나타내는 농도곡선의 꼬리부에 대하여 같은 조건에서 1차원 이송-분산(ADE) 모형, TSM의 모의결과와도 비교한 결과 본 모형은 추적자 실험 농도측정 결과와 평균 0.195의 오차율을 보이며, 이는 ADE 모형과 TSM의 오차율인 14.03과 1.866에 비해 매우 정확한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 물질혼합해석, 합성곱, 추적자 실험, 체류시간분포, 농도곡선꼬리

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 국토교통부 “공공혁신조달 연계 무인이동체 및 SW플랫폼 개발사업” (20DPIW-C153746-02)과 BK21+NEXT사업단의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 석사과정 · E-mail : kim.byunguk@snu.ac.kr

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

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