

GPS부자를 이용한 하천 표면에서의 오염물질 혼합 거동 해석

Analysis of pollutant mixing on the water surface in rivers with GPS floaters

서일원*, 박인환**, 김영도***, 한은진****

Il Won Seo, Inhwan Park, Young Do Kim, Eun Jin Han

요 지

유류유출사고와 같이 하천 수표면의 흐름에 따라 이동·확산하는 부유성 오염물질의 혼합해석을 위해 많은 연구자들은 입자추적모형을 사용한 혼합모의를 수행해왔다. 입자추적모형에서 오염물질의 혼합은 평균 유속 분포에 의한 결정론적인 이동과 난류유동에 의한 무작위적인 혼합으로 나타내며, 난류혼합에 의한 수평확산은 난류확산계수로 조절한다. 따라서 표면흐름에 의한 난류확산계수의 산정을 위해 많은 연구자들은 부유성 입자를 이용한 실내실험을 수행하여 수평확산계수를 산정했고(Engelund, 1969; Cederwall, 1971), 최근에는 GPS의 발전으로 인해 해양영역에서 GPS를 장착한 표면부자를 활용한 확산실험을 통해 수평확산계수를 산정한 바 있다(Kjellson and Döös, 2012; Alpers 등, 2013). 하천수질오염사고의 약 43.5%가 유류유출에 의한 것이며(환경부, 2013), 이에 따라 표면흐름에 의한 오염물질 혼합해석이 필요하나, 하천에서 수평확산계수 산정을 위한 현장실험연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 낙동강 본류에서 GPS부자를 이용한 입자추적실험을 수행하여 표면흐름에 의한 확산계수를 산정했다.

GPS부자를 이용한 입자추적실험은 낙동강의 강정고령보 하류와 구미보 하류의 각각 세 지점에서 수행되었다. GPS부자는 바람에 의한 교란을 최소화하기 위해 지름 10 cm의 구형으로 제작하였으며 시범테스트를 통해 입자의 주 궤적 변화가 크지 않은 지점에 GPS부자를 투입했다. GPS부자는 오염물질의 사고유출을 가정하여 한 지점에 투입했고 GPS부자 사이의 간섭을 최소화하기 위해 25 ~ 35개의 GPS부자를 이용했다. 표면흐름에 의해 이동하는 부자의 위치는 GPS에 시계열로 저장됐고 ADCP를 이용하여 실험당시의 수리량을 측정했다.

입자위치의 시계열자료로부터 GPS부자의 확산범위의 시간변화를 계산했고 단순 모멘트법을 이용하여 종, 횡 방향 확산계수를 계산했다. 그 결과, 종 방향 확산계수는 0.003 ~ 0.041 m²/s로 계산되었고 횡 방향 확산계수는 0.001 ~ 0.012 m²/s로 계산되어, 흐름방향의 유속성분에 의한 확산이 지배적인 것으로 나타났다. 지류 합류부에서는 이송이 지배적인 혼합이 발생되었고($Pe > 1$) Pe 의 증가에 따라 수평확산계수가 감소되었다. 25 ~ 35개 GPS부자 궤적의 앙상블 평균으로부터 계산한 Integral time scale은 모멘트법으로부터 계산한 종, 횡 방향 확산계수와 비례하는 것으로 나타나, Taylor(1921)의 이론과 일치했다. 또한 실험수로에서 수행된 기존연구결과와 비교한 결과, 하폭 대 수심비, 마찰항의 증가에 따라 수평확산계수가 증가하는 경향을 나타내었다.

핵심용어 : 하천 수표면 혼합, GPS부자, 부유성 오염물질, 입자추적실험, 수평확산계수

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

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : pjh02@snu.ac.kr

*** 정회원 · 인제대학교 환경공학과 교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr

**** 인제대학교 환경공학과 박사과정 · E-mail : neo64@naver.com