하천에 유입된 오염물질의 2차원 혼합 분석을 위한 드론의 활용

Application of Drone for Analysis of 2D Pollutant Mixing in River

서일원*, 백동해**

Il Won Seo, Donghae Baek

요 지

하천에 유입된 오염물질의 2차원 혼합거동은 하천 주흐름에 의한 이송현상과 유속 성분의 수심평균 값에 대한 공간적 편차로부터 야기되는 분산현상으로 설명 할 수 있다. 이는 3차원 이송-확산 방정식으로부터 수심 적분된 2차원 이송-분산 방정식으로 수학적 유도가 가능하며, 수심방향으로 적분하는 과정에서 발생되는 농도의 분산항은 Taylor Dispersion 개념에 기초하여 종방향 및 횡방향의 2차원 분산계수로 표현된다. Fischer(1978)는 연직방향 유속분포로부터 2차원 분산계수를 추정하는 해석해를 수학적으로 유도하였으나, 실제 하천에서 정밀한 연직방향 유속분포를 계측하는 것은 많은 비용 및 노동력을 초래한다. 따라서 선행 연구자들은 2차원 혼합모형의 분산계수를 산정하고자 실험적 방법으로써 추적자실험을 수행하였다. 추적자실험은 추적자 물질을 수체에 주입한 후 농도의 변화를 관측함으로써 추적자물질이 하천에서 이송 및 분산되는 과정을 이해하는데 유용하다. 기존의 추적자실험은 고정된 위치에서 농도를 계측하여 시계열적인 농도의 변화를 관측한 후, 오염운 동결가정을 통해 종,횡방향 분산계수의 산정이 가능하지만, 오염물질 농도의 공간적 분포를 얻기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 기존의 추적자실험법의 한계를 극복하고자 형광물질을 이용한 추적자실험을 수행함과 동시에 드론에 장착된 디지털카메라를 이용하여 항공영상을 취득 및 분석하여, 하천에 주입된 형광물질의 농도분포를 시공간적으로 추출하는 기법을 개발하고, 이를 바탕으로 오염물질의 2차원 혼합거동을 분석하였다. 본 실험은 한국건설기술연구원의 안동하천실험센터의 A3실험수로에서 수행되었으며, 실험수로는 평균 하폭 5 m, 평균 수심 0.44 m, 유량 0.96 m^3/s의 실제 소규모 하천과 유사한 축척을 가지고 있다. 추적자물질은 Rhodamine WT 용액이 사용되었으며, 실험수로 내 설치된 15개의 형광광도계(YSI-600OMS)를 이용하여 농도를 측정하였다. 항공영상의 취득을 위해 이용된 드론은 DJI-Phantom 3 Professional 이며, 3840x2160의 해상도로 초당 30 frame의 동영상으로 취득되었다. 영상의 정합 및 좌표화를 위해 RTK-GPS를 이용하여 12개의 지상 기준점의 좌표를 취득한 후, 사영변환을 통해 영상좌표를 지상좌표로 변환하였다. 영상의 픽셀값을 농도장으로 변환하기 위해 각 RGB 밴드의 픽셀값을 통계적으로 분석하여 농도장으로 변환하였으며, 영상으로부터 얻은 농도장은 형광광도계에 의해 실측된 농도와 결정계수 0.9이상의 수준으로 정확도를 나타냈다.

핵심용어 : 추적자실험, 드론, 분산계수, Rhodamine WT

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

** 정회원・서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정・E-mail : wes1204@snu.ac.kr