

불포화 및 포화 투수층에서의 침투를 고려하여 강우 유출 해석

Prediction of rainfall-induced runoff considering infiltration of water in both unsaturated and saturated porous media

이창훈*, 트란 민 탕**
Changhoon Lee, Minh Thang Tran

요 지

강우가 지표면 아래로 침투할 때 초기에는 투수층이 불포화 상태이어서 부압이 작용하면서 침투할 것이다. Richards 식(Richards, 1931)을 써서 불포화 투수층의 침투를 모의할 수 있다. 강우가 지속되는 동안 하상 아래 어느 구간은 포화 상태가 되어 Richards 식을 더 이상 사용할 수 없다. 하지만 현재까지의 연구는 Richards 식을 사용하여 침투를 모의하는 오류를 범하고 있다. 강우에 의한 침투를 예측할 때 지표면에서의 침투율 q_b 가 필요한데 현존하는 연구에서는 Horton 식(Horton, 1941)을 사용하여 초기 침투율 f_o 와 장시간 후 침투율 f_c 와 시간에 따라 지수함수로 감소하는 계수 k 의 3가지 계수값을 실험이나 현장 관측값에서 찾아서 쓰고 있다. 그런데, 이 계수값은 강우강도 r_i 가 클수록 침투율 q 가 커지는 물리 현상을 반영하지 못하는 한계가 있다.

본 연구에서 먼저 포화 투수층에서의 침투를 모의하는 식을 개발하였다. 지표면 아래에서 불포화 투수층에는 Richards식을 사용하고 포화 투수층에는 개발한 식을 사용하여 침투를 모의하였다. 또한 지표면에서의 침투율 q_b 를 구하는 공식을 개발하였다. 하상에서의 침투율의 최대값은 $q_{b\max} = -\lambda\sqrt{2g(s-b)}$ 일 것이다. 여기서 λ 는 투수층의 공극율, s 는 유출수면의 위치, b 는 지표면의 위치이다. 지표면에서의 침투율의 최소값 $q_{b\min}$ 은 지표면 바로 아래 지점에서의 침투율일 것이다. 지표면에서의 침투율 q_b 로 $q_{b\max}$ 와 $q_{b\min}$ 사이의 적절한 값을 선택한다. 강우강도를 r_i 라고 하면 지표면 위 유출수의 연속방정식은 다음과 같다: $s-b = \int (r_i - |q_b|) dt$. 즉, 유출수면의 위치 s 는 강우강도 r_i 가 클수록 또는 지표면에서의 유출율의 크기 $|q_b|$ 가 작을수록 크다. 또한 지표면에서의 침투율 q_b 와 지표면 아래에서의 침투율 q 는 $s-b$ 가 클수록 크다. 따라서, 강우강도 r_i 가 클수록 침투율 q_b , q 가 큰 현상이 잘 반영되었다. 강우-침투-유출 모형실험을 수행하여 강우강도에 따라 침투율과 유출량이 다른 현상을 관측하여 수치실험 결과와 비교·검증하였다.

핵심용어 : 강우, 유출, 침투, 불포화 투수층, 포화 투수층, 수치해석

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호: 21CTAP-C164367-01)에 의해 수행되었습니다.

* 정회원 · 세종대학교 공과대학 건설환경공학과 교수 · E-mail : clee@sejong.ac.kr

** 비회원 · 세종대학교 공과대학 건설환경공학과 대학원생 · E-mail : tranmthang08@gmail.com