

浸透研究의 發達과 必要性

Development and Needs of Infiltration Research

慶北大學校 農工學科 鄭 相 玉 (Chung, Sang-Ok)

I. 서론

浸透란 강우, 관개수, 하천수 등의 지표수가 지표면을 통하여 땅속으로 스며드는 현상을 말하며 물의 순환 과정중 매우 중요한 요소이다. 유역에서의 유출은 수문 순환과정의 어느 요소 보다도 浸透에 의해 크게 좌우된다(Larson, 1983). 따라서, 유역수문학이나 농업수문학에서 浸透의 중요성은 매우 크다고 하겠다. 이러한 浸透에 대하여 선진 외국에서는 研究가 매우 활발하게 진행되고 있으며, 浸透를 주제로 한 학술회의(ASAE, 1983; Fok 1987, 1989)도 개최 되었으나 우리나라에서는 浸透에 대한 研究가 매우 부진한 실정이다.

본 研究에서는 浸透의 영향인자들과 浸透 방정식의 발달과정에 대하여 논의하고, 浸透 관련 분야인 유역수문학, 관개 계획, 지하수 함양, 지하수 오염 해석 등의 분야에서 浸透 研究의 필요성에 대하여 논의한다.

II. 浸透 영향 인자

浸透에 영향을 미치는 인자에는 여러가지가 있으며 이들을 크게 자연인자, 토양인자, 지표면인자, 및 관리인자로 분류할 수 있다. 이들 각 인자에 속하는 세부 인자들은 표 1과 같다(Brakensiek and Rawl, 1989).

Table 1. Factors affecting infiltration

자연 인자	토양 인자	지표면 인자	관리 인자
강 우	토 성	지 형	경 운
강 설	구 조	다 짐 도	관 개
동 결	토층 두께	조 도	처 리
해 빙	공극률	나 지	피 복
AMC	밀 도	피복 작물	혼 합 물
식 생	유기물	작물 종류	
지하 수위	균 열	crust	
	공 기		
	뿌 리		
	수축, 팽창		
	worm hole		
	organism		

III. 浸透 研究의 발달

浸透에 대한 研究는 1800년대 말까지 거슬러 올라 갈 수 있으나, 일반적으로 Buckingham(1904)의 토양수분 이동에 대한 capillary potential 이론과 Green and Ampt(1911)의 浸透 방정식을 시초로 보고 있다. 그 후 80여년간 浸透에 대한 研究는 계속 되어 오고 있다.

浸透 현상을 해석하기 위하여 개발된 浸透 방정식은 여러가지가 있다. 이들을

식의 성격으로 분류하면 경험식, 대수식 및 편미분식으로 나눌 수 있으며 浸透 방정식의 발달 과정을 한눈에 볼 수 있는 진화도(evolution tree)로 나타내면 그림 1과 같다(Fok, 1987). 대표적인 浸透式들을 식의 성격으로 분류하여 개발자, 개발년도 등을 함께 나타내면 표 2와 같다.

IV. 浸透 研究의 필요성 및 研究 분야

1. 유역 수문학

浸透는 표면 유출의 크기에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 유역수문학에서 浸透가 차지하는 중요성은 매우 크다고 하였다. 일반적으로 강우량에서 浸透量과 차단량을 빼면 표면유출량이 되는 데 유역 수문학에서 적절한 浸透 추정식이 없다면 유출량의 추정이 매우 어렵게 된다. Brakensiek and Rawls(1989)는 유역 수문 모형을 개선하기 위하여 물리적 浸透 방정식에 있어서 다음과 같이 여러 분야에 대한 研究가 필요하다고 하였다.

- (1) 토양 특성의 공간적인 변동
- (2) 구조적 토양이나 큰 공극에서의 물의 이동
- (3) 토양 온도와 염도가 토양 수분 특성에 미치는 영향
- (4) 정확하고 경제적인 토양 수분 특성 측정 장치 개발
- (5) 물과 공기의 2원적 흐름
- (6) 화학 물질의 이동
- (7) 유역 규모에서 토양의 불균질성과 토양 수리 특성의 변동성에 대한 통계적 처리 방법
- (8) 浸透를 기준으로한 유역 수문 모델의 비교 기준 설정
- (9) 유역 수문 모형의 검정후 실제 적용화
- (10) 검정된 浸透 모형의 유역 수문 모형에의 적용 및 이용

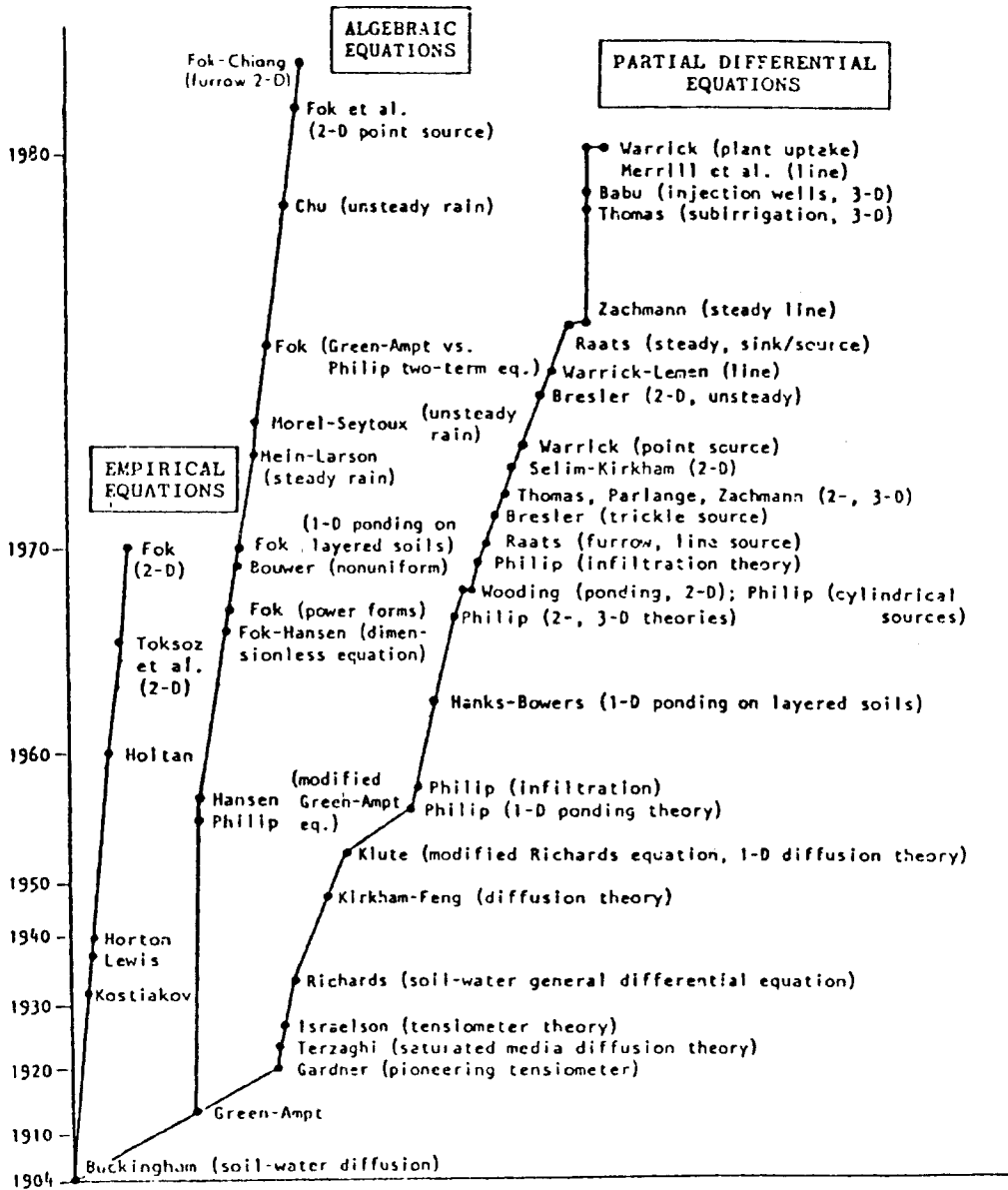


Figure 1. Evolution tree of infiltration studies (after Fok, 1987)

Table 2. Empirical, algebraic, and partial differential infiltration equations

No.	Equations	Dimension	Author	Year	Class
(1)	$i = et^{-m}$	1	Kostiakov	1932	empirical
(2)	$i = i_c + (i_0 - i_c)e^{-bt}$	1	Horton	1940	"
(3)	$i = i_c + a(F_p)^n$	1	Holtan	1961	"
(4)	$I = Ct^b$	2	Toksoz et al.	1965	"
(5)	$I = \frac{\pi}{2} kat^{n+c}$	2	Fok	1970	"
(6)	$i = i_c + A/I$	1	Green-Ampt	1911	algebraic
(7)	$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot [k(\psi) \nabla \psi]$	3	Richards	1931	partial diff
(8)	$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot (D \nabla \theta)$	1	Klute	1952	"
(9)	$I = St^{0.5} + Bt$	1	Philip	1957	"

Note : Definitions of Variables

- | | |
|---|------------------------------|
| i : instantaneous infiltration rate | t : infiltration time |
| i_c : final infiltration rate | S : sorptivity |
| i_0 : initial infiltration rate | ∇ : Gradient operator |
| I : cumulative infiltration | D : soil water diffusivity |
| F_p : volume of potential infiltration | z : vertical coordinate |
| θ : volumetric soil water content | |
| A, B, C, a, b, c, e, k, m, n : empirical constants | |
| K : hydraulic conductivity as a function of soil water tension ψ | |

2. 관개 계획

논이나 밭의 관개 계획에 있어서 토양에 따른 浸透率의 정확한 파악은 매우 중요하다 하겠다. 특히 밭 관개에 있어서 관개수가 작물의 근 근역 아래로 浸透하는 것을 방지하기 위해서는 浸透에 대한 자료가 매우 중요하다고 하겠다.

3. 오염 물질의 이동 및 지하수 오염

지표면에 살포되거나 흙속에 매립된 산업폐기물, 농약 및 비료, 폐수처리 슬러지 등의 오염 물질은 반드시 浸透水와 함께 浸透 과정을 거쳐서 이동한다. 오염 물질은 浸透水の 浸透속도에 따라서 확산과 분해가 되면서 불포화층을 거쳐서 지하수면에 도달하게 되며, 그 후 대수층내에서 이동하게 된다. 따라서 浸透과정에 대한 정확한 이해가 없이는 오염물질의 이동을 해석할 수 없다.

4. 필요 研究 분야

Fok and Chung(1987)은 浸透 研究의 필요 분야와 고려하여야 할 점들을 다음과 같이 제시하였다.

- 1) 토양은 일반적으로 많이 가정하는 균질성이 아니라 활동적인 물질로 고려하여야 한다.
- 2) 토양 수분 관측망도 강우나 유량 관측망과 같이 전국적으로 구성되어야 한다.
- 3) 浸透率 측정을 위한 보다 나은 기기가 개발되어야 한다.
- 4) 쉽게 적용할 수 있는 浸透 방정식의 개발이 필요하다.
- 5) 浸透 모형식들은 현상 검정없이 사용되어서는 안된다.
- 6) 浸透후의 토양 수분 재분배, 지하수 함양 등의 분야에 研究가 필요하다.

V. 요약

浸透 研究의 발전과 研究의 필요성에 대하여 고찰하였다. 浸透에 대한 研究는 80년 이상 계속되어 오고 있으며 浸透 방정식은 식의 성격에 따라 경험식, 해석식, 및 편미분식으로 분류할 수 있다. 이들 식의 진화도를 소개하였으며 각 식을 간략하게 설명하였다.

浸透는 수문 순환 과정중 매우 중요한 요소이며, 유역수문학, 관계계획, 지하수 함양, 지하오염물질의 이동 등의 분야에 필수적인 요소이다. 앞으로의 浸透 研究의 필요 분야는 유역 수문학에서 10개항이 제시되었고, 일반적인 분야에서 6개항이 제시되었다.

주요 참고 문헌

- ASAE. 1983, Proceedings of the national conference on advances in infiltration. ASAE Conference at Chicago, IL, St. Joseph, MI: ASAE.
- Fok, Y.-S. (Ed.) 1987. Proceedings of the International Conference on Infiltration Development and Application, Water Resources Research Center, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Fok, Y.-S.(Ed.) 1989. Post proceedings of the International Conference on Infiltration Development and Application. Water Resources Research Center, University of Hawaii at Manoa, Honolulu.
- Hann, C.T., Johnson, H.P., and Brakensiek, D.L.(Eds.) 1982. Hydrologic modeling of small watersheds. St. Joseph, MI : ASAE.
- Philip, J. R. 1969. Theory of infiltration. In advances in hydrosciences, Vol. 5, pp. 215-296. Ed. V. T. Chow. Academic Press.