

Tension infiltrometer를 이용한 토양의 침투특성 분석

하규철, 전철민, 김재곤

한국지질자원연구원 (e-mail : hasife@kigam.re.kr)

<요약문>

토양오염의 확산과정중의 서로 다른 지질적 기반위에 놓인 토양에 대한 침투특성과 4단계 이상의 장력을 적용하여 침투율을 산정하였다. 장력과 침투율과는 지수함수로 비선형 회귀시켜서 산정하였으며, 단지 몇단계의 장력만으로 구하여진 값보다 더 많은 불포화대수리특성과 신뢰성있는 포화수리전도도를 제공할 수 있을 것이다. 구하여진 침투율은 토양분석결과를 비교했을 경우 점토함량이 적은 시료에서 적게나오는 경향이 있고, sand가 많은 토양의 경우 높게 산정되었다.

key word : tension infiltrometer,, infiltration rate, unsaturated hydraulic conductivity

1. 서론

지표의 오염원이 지하로 이동 확산되는 과정에서 강수의 영향이 가장 크다고 할 수 있으며, 수문요소 중 오염확산측면에서 침투율 및 침투량산정은 가장 중요한 부분 중의 하나이다. 그러나 이러한 침투현상은 흙의 종류, 성질, 구조 및 흙내의 초기함수량 등에 따라 그 정도가 다르게 되며, 불포화대의 식물의 뿌리나 worm hole이 만들어 놓은 토양의 불균질성에서 야기되는 선택적 유로의 형성 때문에 매우 신중하게 다루어지고 평가되어져야한다. 토양오염의 확산과정중의 서로 다른 지질적 기반위에 놓인 토양에 대한 침투특성과 한 실험에서 4단계 이상의 장력을 적용하여 침투율을 산정하였다.

2. 조사지점의 토양의 특성 및 지질

표 1은 조사지점의 지표토양특성을 나타낸 것이고, 표2는 조사지점의 모암과 지표면 지질을 나타낸 것이다. 주로 산기슭에 위치한 지역들로서 토양은 식물의 뿌리들로 심하게 얽혀 있고, 땅속동물들이나, 벌레가 파놓은 구멍 등이 투수성을 매우 용이하게 만들고 있는 지역들이며, GR지역은 일반평지에 야적된 복토토양으로써 지질특성을 대표한다고 보기에 어렵다.

표 1. 조사지점의 지표토양특성

Location	Landuse	Texture(clay/silt/sand), %	Minerology
GR	landfill covering		
YS	Forest		
US	Forest	Silty clay loam(27.5/70.7/1.9)	Q, K, H
SH	Forest	Loam(10.3/49.7/40.0)	Q, K, M, F, V
KI	Forest	Sandy loam(3.3/30.0/66.7)	Q, F, M, K

Q: quartz, F: feldspar, M: mica, K: kaolinite, V: vermiculite, H: hematite

표 2. 조사지점의 지질

Location	Mother rock	Surrounding surface geology
GR	Sandstone, shale	Cretaceous purple, grey, shale, greenish grey, grey sandstone and purple sandy shale
YS	Andesite	Cretaceous andesitic rock altered andesite
US	Limestone	Cambro-Ordovician crystalline limestone in serpentine
SH	Gneiss	Precambrian biotite banded gneiss alternating bands of biotite part and quartz feldspathic part
KI	Granite	Mesozoic two mica granite pegmatite

3. Tension infiltrometer 실험 결과

디스크 장력 침투계는 지표면 부근에서의 불포화대 토양의 수리특성을 조사하기 위하여 사용되는 장비로서, 불포화대 수리전도도, 포화수리전도도 (K_{sat}), 토양의 미세공극 모관수길이 ($\lambda_c = \alpha^{-1}$), 수축도 (α) 등을 결정하기 위해 사용될 수 있다.

Wooding(1968)은 (1) 식과 같은 침투율과 수리전도도와의 관계식을 제시하였으며, 불포화대 수리전도도와 포화수리전도도 사이에는 Gardner(1958)가 제시한 식(2)를 사용하여 이 두식을 결합하여, 식(3)을 얻게 된다.

$$Q = \pi^2 K \left[1 + \frac{4}{\pi \alpha} \right] \quad (1)$$

Q : 단위시간당 토양침투량, [$\text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$]

K : 수리전도도, [cmsec^{-1}]

h : 매트릭 포텐셜(matric potential) 또는 장력 [cm]

α : 수축도(sorptivity), [cmsec^{-1}]

r : 유효침투면적, [cm]

$$K(h) = K_{sat} \exp(\alpha h) \quad (2)$$

K_{sat} : 포화수리전도도, [cmsec^{-1}]

$$Q = \pi^2 K_{sat} \exp(\alpha h) \left[1 + \frac{4}{\pi \alpha} \right] \quad (3)$$

장력인 h 와 침투율, Q 를 측정하여 두 파라미터사이의 관계식을 비선형회귀 시켜서 구하고자하는 포화수리전도도 및 수차도와 모세관수를 구하게 된다. (3)식의 h 와 Q 사이의 비선형회귀식은 지수함수로 비선형 회귀시켰고, 회귀된 지수함수에서 장력이 0일 경우의 추정값과 일정한 장력하에 추정될 수 있는 침투율을 가지고 모세관고를 추정할 수 있다. 수차도와 모세관고는 Wooding(1968)에 따르면, 식(4)의 관계를 가지는 것으로 알려져 있다.

$$\lambda_c = \alpha^{-1} \tag{4}$$

λ_c : 모세관고, [cm]

그림1은 각 침투실험에서의 누적침투량과 걸어진 장력을 다같이 표현해준 것이며, 각각의 장력에서의 기울기가 침투율이 되므로, 그림2의 침투유량과 장력과의 그래프가 얻어지게 된다. 실험결과는 표3에 정리하였다.

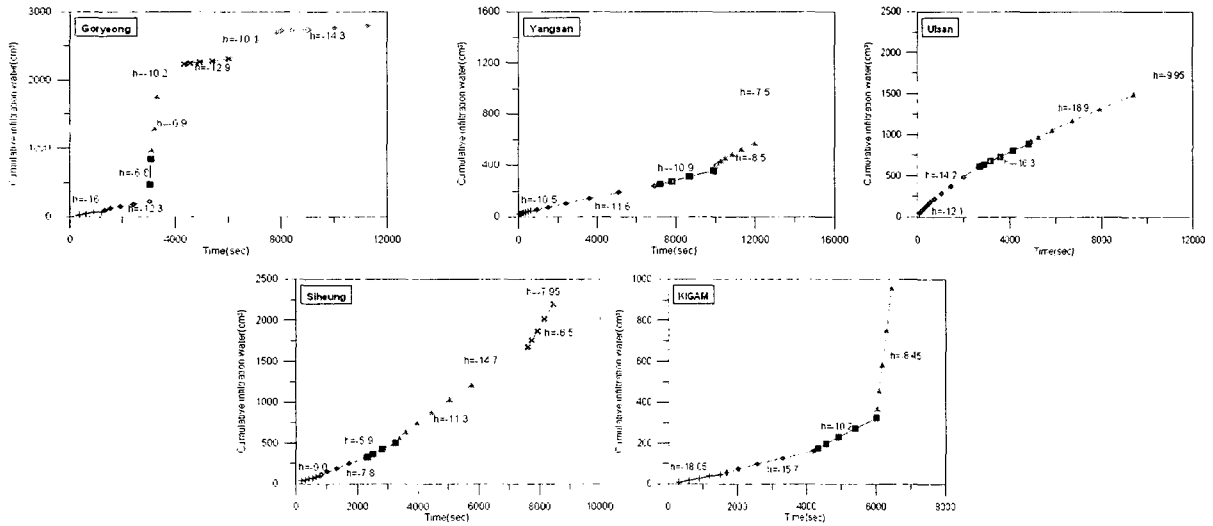


그림1. 누적침투량

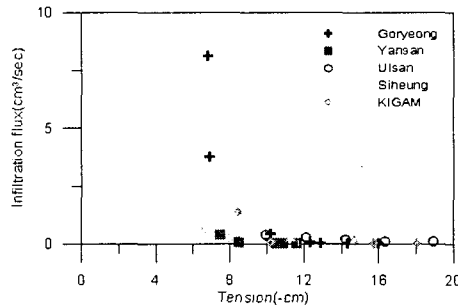


그림2. 장력과 침투유량

표 3. 침투실험결과

	Infiltration rate(cm/sec) at h=-10cm	$\lambda_c = \alpha^{-1}$ (cm)	K_{sat} (cm/sec)
GR	8.01e-4	1.43	0.7701
YS	1.03e-4	1.74	0.0271
US	4.88e-4	6.45	0.0014
SH	5.92e-4	7.30	0.0014
KI	7.71e-4	3.17	0.0137

4. 결론 및 토의

장력 침투계는 여러 단계의 장력을 걸어줄 수가 있기 때문에, 여러 장력에서의 침투율의 변화과정을 알아낼 수 있으며, 이러한 곡선은 침투토양의 불포화대 수리특성을 파악하는데 있어서, 여러 단계의 장력을 적용하여 이를 비교하여 주어야 한다. 단지 몇단계만의 장력을 걸어주어 포화수리전도도를 구하는 것보다는 되도록 여러 단계의 장력을 걸어주어 장력이 0일때의 침투율을 가지고 평가하는 것이 더욱 신뢰성을 가질 것으로 생각된다. 침투율은 토양분석결과를 비교했을 경우 점토함량이 적은 시료에서 적게나오는 경향이 있고, sand가 많은 토양의 경우 높게 산정되었다. 산정된 불포화대 및 포화수리전도도는 높은 투수율을 갖는 것으로 나타나고 있다. 토양이 해동되는 시점에서 측정된 것으로 토양의 히빙현상에 의하여 다짐이 느슨하게 되었고, 식생과 땅속 동물들의 활동에 의하여 토양의 투수성이 높게 나타나는 것으로 생각된다. 투수율을 산정할 때, Wooding과 Gardener에 의한 식은 균질등방성인 토양에 대한 단순화한 모델로서 여기에서 파생된 에러가 있을 가능성도 있다.

참고문헌

- Gardner, W.R. 1958. Some steady state solutions of unsaturated moisture flow equations with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85:228-232.
- White, I. and M.J. Sully, 1987, Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration, Water Resour. Res., 23:1514-1522.
- Wooding, R.A. Steady infiltration from a shallow circular pond. 1968. Water Resour. Res. 4: 1259-1273.