

不飽和浸透に係わる土壌特性の定式化について

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣
 東京大学生産技術研究所 正員 岡 素道
 東京大学生産技術研究所 正員 小池 雅洋
 東京大学・大学院 学生員 内田 滋

1. はじめに — 目的と方法の概要 —

不飽和帯での浸透解析をするには土壌特性、すなわち吸引圧—含水率 (ψ — θ) 関係および透水係数—吸引圧 (K — ψ) 関係を定めなければならない。

ψ — θ 関係に対していくつかの関数型が提案されているが、これまでの当研究室の検討では関東ロームに対しては(1)式の適用性がよいことがわかっている¹⁾。

$$\begin{aligned} \theta/\theta_0 &= (\psi/\psi_{cr})^{-b} & \psi \leq \psi_{cr} \\ \theta/\theta_0 &= 1 & \psi > \psi_{cr} \end{aligned} \quad (1)$$

(1)式に含まれるパラメータ ψ_{cr} と b が地下浸透レンチの浸透解析結果に与える効果を検討した結果「 ψ_{cr} 、 b の浸透量に与える効果は無視できない²⁾」と指摘されている。この検討では、同一の透水係数を用いて ψ_{cr} 、 b をそれぞれ独立に変化させているが、現実には特定の ψ — θ 関係に対して ψ_{cr} の見積りを変えればそれに伴って b の見積りも異なることになる。

ところで、 ψ_{cr} については ψ — θ 関係から ψ の増加に伴い θ が θ_0 から大きく異なり始める ψ の値を ψ_{cr} と定義されているが、図-1に示すように、その値を特定することが容易ではない。

本稿では、 ψ_{cr} の決定について pF —水分曲線に基づき ψ_{cr} とみられる値の前後を含む種の ψ についてそれぞれ(1)式より b を求め、 ψ_{cr} の取り方により b の値がどのように変わるか、それらの対をなす ψ_{cr} と b が浸透解析結果にどのように影響するかを検討する。

また、 ψ — θ 関係は同時に土壌間隙の分布を示すことから、 K_0 がそのパラメータ、あるいは特性値と関連するはずであるという作業仮説の下に、 K_0 とそれぞれの相互関係を調べる。

2. ψ — θ 関係を含むパラメータとそれらの相互関係

ここで取り上げた土壌は東京千葉実験所の関東ロームよりなる自然地盤の深度60~600cmの試料である。試料採集は掘削工事の行程に合わせて行ったため、目的の深度で土層平面を削り出し土壌構造を乱さないよう注意しながら100mlの同筒容器に採集した。 ψ — θ 関係については、土柱法と加圧板法の試験を併用して行い排水過程と給水過程を求めたが、本稿では排水過程についてのみ取り扱う。表-1は、前節で述べた手順に従って各深度の ψ — θ 関係に対して、定式化によって得られたパラメータと土壌の特性値を整理したものである。 θ_0 は24時間飽和させた状態の飽和含水率を示す。 θ_{E3} は θ_0 から pF 3の含水率を差引いたもので、自由水(重力水と毛管水)の占める間隙率

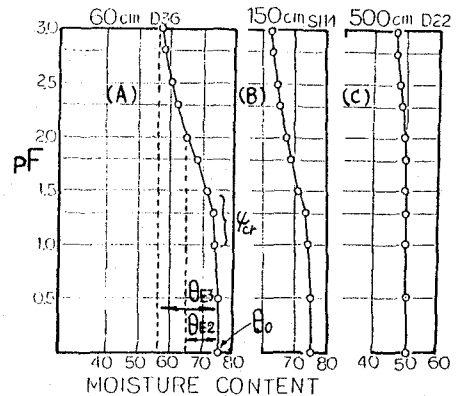


図-1. ψ — θ 関係の例

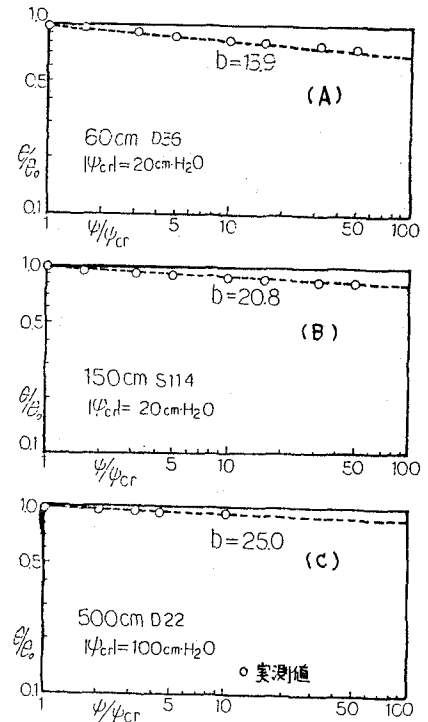


図-2. ψ — θ 関係の(1)式の適合性

と考えられる。 θ_{E2} も同様に θ_0 から pF_2 までの含水率を差引いたものであり、重力水の占める間隙率とみなされる。 K_0 は飽和透水係数を示す。 ψ_{cr} については前記した理由から3種の ψ を取り(1)式を適用して図上で算出した(図-2)。

図-3に b と θ_{E2} の関係を示す。図-1からもわかるように、 b の値の大小は θ_{E2} の大小と符合しており、その関係は図-3に示すように比較的良好な相関関係を表わしている。 ψ_{cr} と θ_{E2} 、あるいは θ_{E3} の関係については、 ψ_{cr} が大きいと θ_{E2} 、 θ_{E3} が小さくなる傾向は認めるが、バラツキが大きい。 ψ_{cr} と b については明確な関係はない。

2-1. ψ_{cr} と b の浸透解析結果への効果

表-1において、 pF -水分曲線が極端に異なる、 $\theta_{E2}=12.52\%$ と $\theta_{E2}=3.65\%$ の ψ - θ 関係を採用し、地下浸透トレンチに対する浸透方程式の数値シミュレーションによって ψ_{cr} と b が浸透量に及ぼす効果について検討した。ここでは図-5中に示すように K_0 、 θ_0 、および初期条件は同じにした。

図-5(A),(B)にその結果を示す。両者とも ψ_{cr} を大きく取った場合には浸透量が大きく、小さく取ると浸透量も小さく評価される。その浸透量の差は ψ_{cr} を10, 20, 32と取った場合、それぞれの間で10%程度の差として表わされる。

ψ_{cr} の取り方によって b の値に差が生じるが、終期浸透量はそれぞれの ψ_{cr} に対して(A),(B)とも同じ値を示しており、 b の効果は主に初期浸透量の差として表われている。

3. K_0 と ψ - θ 関係のパラメータの対応

K_0 と ψ_{cr} の関係： ψ_{cr} が大きな値を示す ψ - θ 関係においては、 K_0 は小さくなる傾向があるが明確な関係はみられない。

K_0 と b の関係： b が小さい値を示すと、 K_0 は大きくなる傾向は認められるが相関性は低い。

K_0 と θ_E の関係：図-4に K_0 と有効間隙率(θ_{E2})の関係を示す。前2者に比較して高い相関性が認められる。

表-1 各深度の ψ - θ 関係のパラメータ特性値

DEPTH (cm)	NO.	θ_0	N_{cr}	b	θ_{E3}	θ_{E2}	K_0
60	1 5	76.57	10	12.9	22.31	12.52	
		20	11.4	32			
		32	10.0	32			
100	0 36	75.66	10	15.7	18.36	10.36	5.5×10^{-3}
		20	13.9	32			
		32	11.9	32			
150	0 16	71.41	10	19.2	16.31	11.15	4.3×10^{-3}
		20	14.7	32			
		32	12.2	32			
200	0 19	70.71	10	25.0	12.34	7.97	8.4×10^{-3}
		20	19.2	32			
		32	16.7	32			
250	1 25	75.46	10	25.0	12.53	8.15	7.0×10^{-3}
		20	22.7	32			
		32	16.7	32			
300	5 114	75.25	10	25.0	12.45	7.79	4.1×10^{-3}
		20	20.8	32			
		32	17.9	32			
350	1 30	75.68	10	25.0	12.34	8.08	
		20	20.8	32			
		32	19.2	32			
400	1 18	74.87	10	27.8	11.66	7.16	4.7×10^{-3}
		20	25.0	32			
		32	27.8	32			
450	1 14	76.55	10	27.8	12.08	7.27	1.8×10^{-3}
		20	27.8	32			
		32	19.2	32			
500	1 16	75.32	10	25.0	12.61	6.24	
		20	20.8	32			
		32	17.9	32			
550	1 23	76.96	10	31.2	9.71	5.51	
		20	31.2	32			
		32	25.0	32			
600	1 20	75.80	10	35.7	8.72	4.96	9.0×10^{-4}
		20	27.8	32			
		32	22.7	32			
650	0 9	76.75	10	27.8	11.95	6.55	3.7×10^{-3}
		20	20.8	32			
		32	19.2	32			
700	0 22	73.69	10	31.2	10.10	4.91	1.4×10^{-3}
		20	27.8	32			
		32	25.0	32			
750	1 15	69.75	10	20.8	14.12	8.87	4.6×10^{-3}
		20	20.8	32			
		32	19.2	32			
800	1 7	71.05	10	22.7	13.01	8.78	3.0×10^{-3}
		20	20.8	32			
		32	17.9	32			
850	0 32	71.80	10	31.2	9.52	5.20	1.3×10^{-3}
		20	25.0	32			
		32	22.7	32			
900	0 7	70.16	10	31.2	7.33	3.65	
		20	31.2	32			
		32	27.8	32			
950	0 22	51.19	63	27.8	4.32	1.65	3.2×10^{-5}
		100	25.0	200			
		200	19.2	400			
1000	A 10	50.51	63	41.7	3.21	1.07	6.8×10^{-5}
		100	36.8	200			
		200	25.0	400			
1050	S 116	49.11	63	22.7	5.21	1.48	
		100	19.2	200			
		200	13.3	400			
1100	S 6	48.50	100	25.0	4.32	0.90	1.2×10^{-5}
		200	25.0	400			
		400	16.7	800			
1150	D 10	47.85	63	31.2	4.10	1.32	4.0×10^{-5}
		100	25.0	200			
		200	17.9	400			

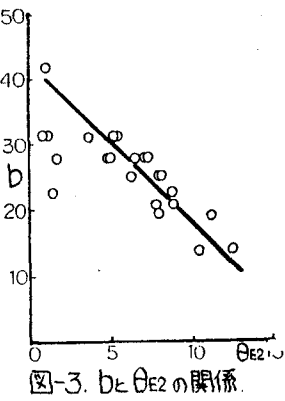


図-3. b と θ_{E2} の関係

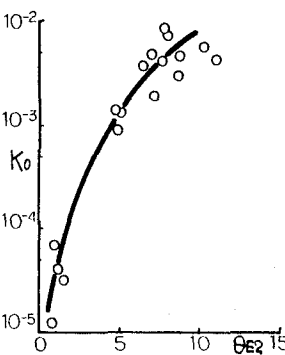


図-4. K_0 と θ_{E2} の関係

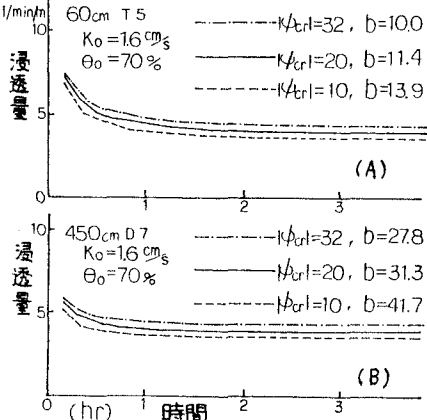


図-5. 浸透トレンチの浸透量に及ぼす ψ_{cr} と b の効果

＜参考文献＞

- 1.) 山田邦博, 「雨水浸透処理施設の浸透特性に関する研究」 東京大学工学部修士論文, 1984年3月
- 2.) 虫明功臣ほか, 「土壌物理特性が雨水浸透施設の浸透特性に及ぼす影響」, 第29回水理講演会概要集, 1985年2月.