

現地浸透試験および室内試験に基づいた地盤の浸透能力の評価について

法政大学工学部 学生会員 森 恒喜
 法政大学大学院 学生会員 小松 義隆
 法政大学大学院 学生会員 飯島 遼
 法政大学工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

雨水浸透施設を設置する際、地盤の浸透能力を事前に把握するために現地定水位浸透試験が実施される¹⁾。しかし、定水位試験に要する時間と労力が多大なため、簡易な変水位試験による評価手法が期待されている。そこで本稿では、現地土壌試料を用いた簡易な室内保水透水試験から得られる特性値を用いた評価を試みた。

2. 簡易室内保水透水試験

ここで採用する簡易室内保水透水試験とは、現地で採取した土壌サンプルを用いて、飽和体積含水率(θ_0)、最小含水量に相当する体積含水率(θ_f)、飽和透水係数(k_0)の3者のみを求める試験である。

θ_0 と θ_f を測定することにより、重力水に相当する間隙の割合($\theta_0 - \theta_f$) (pF0~1.8の吸引圧範囲に対応し、ここでは以下、有効間隙率 e と表記)を推定できる。具体的には24時間浸潤させた状態を自然飽和とし、続いて24時間重力排水したときの値を θ_f としている。

3. 簡易保水透水試験結果

今回使用した現地浸透試験結果と土壌試料について、表1に試験地点と土質を、図1に各試験地点における採取土壌試料による簡易保水特性試験結果(θ_0 と θ_f)を示す。さらに、図2に土壌試料を用いた室内変水位透水試験による飽和透水係数 k_0 と有効間隙率 e との関係を示す。これらの値はいずれも各試験地点から得られた全データの平均値となっている。

図1を見ると、自然状態に近い関東ロームに代表される $\theta_0 > 0.6$ レベルの土壌、 θ_0 が0.4程度の砂質土壌など、幅広い土壌範囲の試験地点が含まれていることがわかる。さらに、図1の θ_f の値、図2の e と k_0 の関係からも推察されるように、 k_0 は当然のことながら e の値と密接な関係を有しており、通常は k_0 で代

表1 試験地点の土質

| | | |
|-------|---------|------------|
| 鶴見川流域 | 菅生第4公園 | 多摩ローム |
| | 野津田公園 | 上総層群ローム |
| 寝屋川流域 | 大宮中公園 | 砂質土 |
| | 八尾土木事務所 | 砂, 礫, 底面粘土 |
| 新川流域 | 辻山西公園 | 埋土(砂石混入) |

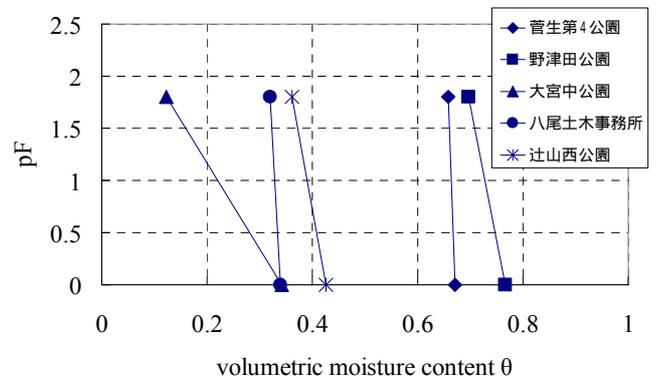


図1 簡易室内保水試験結果

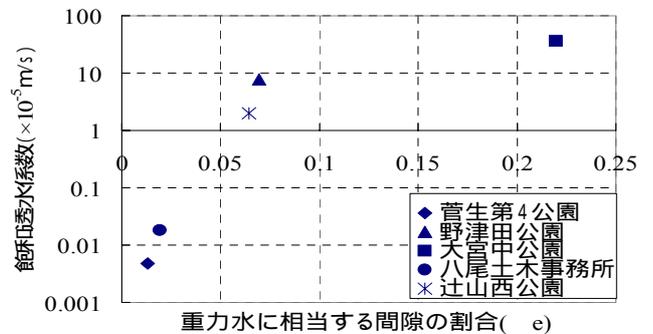


図2 飽和透水係数 k_0 と有効間隙率 e との関係
 表される地盤の浸透能力指標の表現方法として e を用いた簡易な定式化の可能性について検討することも意義あることと判断される。

4. 現地変水位浸透試験による k_0 の推定方法

筆者らのこれまでの研究²⁾から、関東ローム土壌における現地変水位浸透試験の再現については、Richards式による数値シミュレーションにより良好な結果が得

キーワード 簡易室内保水透水試験, 変水位試験, 飽和透水係数

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

TEL:042-387-6278 E-mail : oka@k.hosei.ac.jp

られることが示されている。それ以外の地盤も含めて、現地地盤の浸透特性を一般的に評価し、簡易な指標を作成することが求められているわけであるが、ここではまず、簡易室内保水透水試験結果を水分特性曲線($\theta - \psi$ 関係),あるいは不飽和透水係数($k - \psi$ 関係)に組み込む方法について考察し、現地変水位浸透試験結果の再現を試みた。用いた $\theta - \psi$ 関係式(Haverkamp 式), $k - \psi$ 関係式(Irmay 式)を以下に示す。

$$\theta - \psi \text{ 関係式: } \frac{\theta - \theta_r}{\theta_0 - \theta_r} = \frac{\alpha}{\alpha + [\ln|\psi|]^\beta} \dots(1)$$

$$k - \psi \text{ 関係式: } k = k_0 \cdot \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + [\ln|\psi|]^\beta} \right\}^3 \dots(2)$$

ここで, k_0 については簡易試験より得られた飽和体積含水率の値をそのまま用いることができる。また, α , β としては、筆者らの検討結果²⁾などを踏まえて、関東ロームについてはそれぞれ 4000, 5 を, その他の地盤ではそれぞれ 1.752×10^{10} , 16.95 を用いた。

一方, r (残留含水率)は、浸透現象を扱う場においては、本来は、水分移動が極めて困難になる状態に対応する、含水率でみればかなり低い値に相当する。ただ、筆者らも含めた既往の研究例をみると、土壌によっては、また、対象とする現象(例えば高含水率状態が卓越する「浸透」など)によっては、この r として永久しおれ点のような低含水率レベルではなく、pF 値のやや大きいレベルの値を採用した方が現象との整合性がよいという指摘もある。また、このパラメータを実験により客観的に決定するだけの根拠も十分とはいえない。そこで、本稿では一つの試みとして、今回の簡易試験で容易に算定することが可能であった、最小含水量に相当する体積含水率 r_f を、この r に代替した場合の適用可能性について検討してみることにした。

5. 飽和透水係数 k_0 の推定結果

まず、Richards 式による解析結果では、数値シミュレーションによる孔内水位の時間的な変化の計算値が現地試験結果にできるだけ整合するように、透水係数の最適化を図るという方法で k_0 を算定する。しかし、浸透試験時に地盤が乾燥している場合には、パラメータの設定方法以外に、地盤の初期条件の影響が大きく、

今回のケースにおいても依然として再現性に問題が残された。

次に、乾燥時の鉛直浸透解析に有効であるとされる

Green-Ampt モデルによる検討を試みた。このモデルは鉛直 1 次元流れに基づく単純なモデルで

Philip³⁾は以下の式に示すように、ポアホール内の水位低下、さらにそれに伴う下方地盤への浸透による飽和バルブの形成を考慮した修正を施している。

$$k_0 = \pi^2 r_0 \frac{\tau}{8t}, \quad \rho = \frac{R}{r_0}, \quad \frac{d\tau}{d\rho} = \frac{3\rho(\rho - 1)}{A^3 - \rho^3},$$

$$A^3 = \frac{3(h_c + H + \pi^2 r_0 / 8)}{r_0(\theta_0 - \theta_r)} + 1 \dots(3)$$

ここに, k_0 : 飽和透水係数, τ : 無次元試験時間, t : 試験時間, R : 飽和バルブ半径, r_0 : 初期の飽和バルブ半径, h_c : 吸引圧, H : 湛水深である。

このモデルならびに数値シミュレーションによる k_0 の推定結果を図 3 に示す。両者の推定結果にかなり開きがあり、現段階では、簡易保水透水試験で得られたパラメータの適用性、ならびに Philip モデルの妥当性についての検証について明確な判断はできない。今後、他の提案モデルも含め、簡易保水透水試験によるパラメータ値の適切な組み込み方法について検討をさらに進める必要があると考えている。

参考文献

- 1) 雨水貯留浸透技術協会編：雨水浸透施設技術指針(案) 調査・計画編, 121p.,1995.
- 2) 岡・松井:簡易な現地浸透試験に基づく地盤の浸透能力の評価方法について, 水工学論文集, 45, pp.325-330, 2001.
- 3) Philip J.R.:Approximate Analysis of Falling-Head Lined Borehole Permeameter, WRR, 29, 11, pp.3763-3768, 1993.

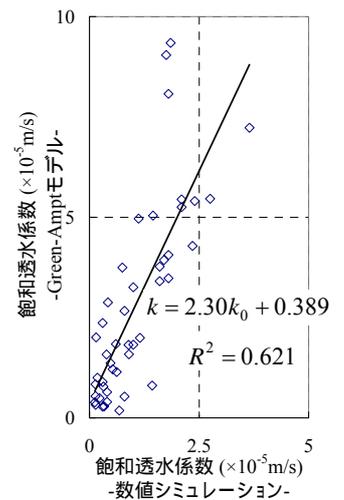


図 3 k_0 の推定値の比較