

Green-Ampt 式に基づく現地浸透試験結果の定量化手法について

法政大学工学部 学生会員 ○中村 智佳子
法政大学工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

都市域における浸透型流出抑制施設の設計には現地地盤の浸透能力の評価が不可欠である。このためには現地浸透試験法を要するが、土研式及びボアホール式の2種類があり、それぞれに定水位法と変水位法が可能である。現在多用されているのは定水位法であるが、大掛かりな作業が必要となるため、試験実施が簡便な変水位法による評価手法の確立が期待されている。本研究では、今までに提案されてきた手法の問題点を整理し、変水位ボアホール試験(図-1)による簡易な評価手法の確立の手がかりとなるための検討を行った。

2. 使用した試験データ

ここでは関東ローム土壌、砂質土壌など様々な地点で行われた現地試験データを使用する。試験タイプは3つに大別され、定水位試験前の変水位試験(乾燥状態・試験(a))、定水位試験(試験(b))、定水位試験後の変水位試験(湿潤状態・試験(c))がある。

3. 定水位試験の評価方法

雨水浸透施設技術指針(案)¹⁾では、試験(b)により得られる終期浸透量を基に、次式により飽和透水係数 k_0 (m/hr)を算定する。

$$k_0 = Q_t / K_t \quad (1)$$

ここに、 Q_t : 浸透試験での終期浸透量 (m^3/s)、 K_t : 試験施設の比浸透量 (m^2)で、施設の形状で決まる定数。

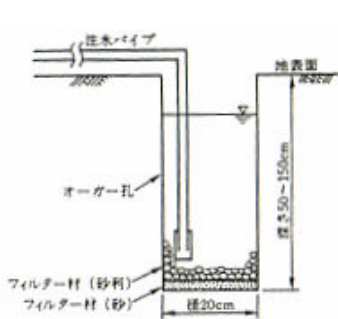


図-1 ボアホール式浸透試験 (孔の側面及び底面より浸透)

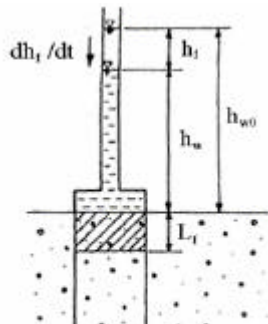


図-2 Green-Ampt モデルによる変水位浸透試験

4. 変水位試験の評価方法の従来の研究

変水位試験において、孔内水位の対数をとると、試験開始からの経過時間との間に直線に近い関係が見られる場合が多い。この直線の傾きを浸透能力係数と称し、地盤の浸透性の指標とする。しかし、実際には水位低下曲線は必ずしも単一の直線で近似できるとは限らない。そこで、複数区間に区分し各区間ごとに浸透能力係数を算出して代表値を決定するという手法も提案されている²⁾が、実用化には至っていない。また、この係数は飽和透水係数 k_0 とは異なるため、これのみで地盤の浸透能力を評価するのは困難と判断される。

5. Green-Ampt モデルに基づく変水位試験の評価方法

西垣³⁾によると Green-Ampt の浸潤式を変水位試験に適用すると次式が成立する。

$$\frac{dh_f}{dt} = m \cdot \frac{1}{h_f} + C \quad (2)$$

$$K_f q_f (H_{w0} - y_{cr}) = m, \quad K_f (1 - q_f) = C$$

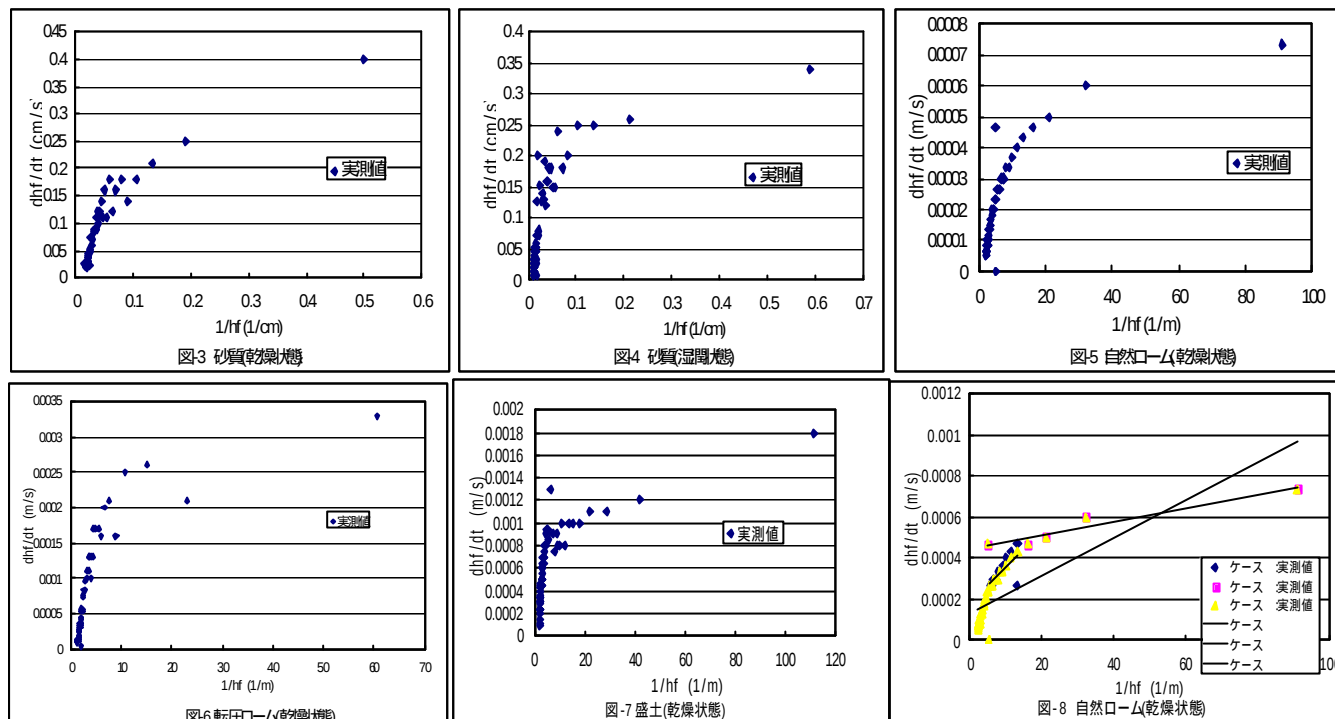
ここに、 dh_f/dt : 孔内水位の低下速度、 h_f : 初期水位からの水位低下量、 H_{w0} : 初期湛水深、 q_f : 土壌の有効間隙率、 y_{cr} : 吸引圧、 K_f : 伝達帯の透水係数(現地浸透試験で得られる k_0 に相当)。上式によれば、 $1/h_f$ と dh_f/dt について変水位試験結果を整理すると両者の関係は直線で表わされ、その切片 C は土壌の吸引圧の値に関係なく k_0 に直接対応する値となる。西垣はこの考えに基づき、図-2 の装置を用いて試験を行い、地盤が乾燥状態であれば比較的妥当な結果が得られるとしている。

6. Green-Ampt モデルの適用結果

Green-Ampt モデルを変水位ボアホール試験結果に適用した例を図-3~7 に示す。試験(a)と試験(c)を比較すると、同じ土壌では試験(c)の方が曲線の勾配が大きくなることがわかった(図-3,4)。一方、土壌別では透水性の良い方が勾配が緩やかになる(図-3,5)。いずれにしても(2)式を当てはめた結果は、

キーワード Green-Ampt 式, 現地浸透試験, 変水位ボアホール試験, 透水係数, 浸透能力指標

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 TEL.042-387-6278 FAX.042-387-6124



直線関係ではなく曲線となっている。この原因として以下のことが考えられる。

変水位がポアホール法では側面と底面から浸透するため、試験開始初期においては側方への飽和域の広がりが大きく、その結果 dh_f/dt (水位低下速度) の値が下がりにくい。その後、水平方向への浸潤域の拡大が抑制されるとともに、浸透面が急速に低下していくことにより dh_f/dt が急速に小さくなるので、曲線の勾配が急になる。この結果、図のような上に凸の曲線が得られることとなる。

7. 考察

地盤の透水性に係わる指標は、直線ならば傾き m と切片 C から得られる。今回の結果では単一直線で近似できなかったため、浸透の各段階でデータを区分することにより直線をあてはめた。すなわち、図-8 に示すように、浸透域の急速な拡大により変化が大きく不安定な浸透初期のデータと、目詰まりの発生等により浸透特性が変質する場合もある浸透終期のデータを除外した場合を「ケース Ⅰ」、初期のみのデータを用いた場合を「ケース Ⅱ」、全てのデータを用いた場合を「ケース Ⅲ」として、3 ケースで飽和透水係数 k_0 を求めた。このとき、浸潤前線における吸引圧 (h_c) を 50, 100 cmH_2O の 2 通りに、また浸潤域の直径 (d) を、ポアホール径の 2 倍 ($2d$)、4 倍 ($4d$) の 2 通りに設定して計算を行った。 h_c の相違による影響はほとんどなかったが、 d は算定結果に大きな効果を及ぼし、今回の

ケースでは $2d$ に対する k_0 は $4d$ の場合より 1 オーダー程度過大となるという傾向が見られた。したがって、 d を適切に設定することが肝要である。

今回対象とした 12 地点について解析した 3 ケースの k_0 をそれぞれ比較・吟味すると、ケース Ⅰではケース Ⅱの約 2 倍となったが、ケース Ⅲはケース Ⅱと同程度の値を示していた。また、これらを過去の数値解析⁴⁾から求めた k_0 と比較した。この結果、自然地盤のロームについては、ケース Ⅰ及び Ⅱの結果が数値解析による k_0 とほぼ符合した。その他の土壌では、かなりのばらつきが見られ、明確な結論は得られなかった。

以上、変水位試験データに Green-Ampt 式を適用する上で、試験の各段階で区分するという方法も導入して検討を加えた。その結果、浸透の初期と終期を除いた直線的な区間を抽出したケース Ⅲが比較的妥当な結果を示しているとも考えられるが、現段階では適用性を検証するには至っていない。

引用文献

- 1) (社)雨水貯留浸透技術協会編(1995)：雨水浸透施設技術指針(案) 調査・計画編，pp.31-32.
- 2) 吉沢拓也，斎藤庸(1998)：現地浸透実験法の簡略化に関する検討 - 簡易浸透実験法の提案 -，日本工営技術情報，No.19，pp.119-126.
- 3) 西垣誠(1982)：不飽和土原位置浸透特性試験の実施例，第 17 回土質工学研究発表会講演集，pp.129-132.
- 4) 岡泰道，松井準(2001)：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，第 45 巻，pp.325-330.