

未固結土を対象とする様々な現場透水試験法の適用事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○加藤 歌那子, 五十嵐 央, 音 勇一

1. はじめに

地盤の透水性を把握するため、実務では様々な手法による透水試験が実施されている。未固結土を対象とする試験では、ケーシングを用いる試験が多用されているが、その適用範囲には限界があり、実施する上での留意点も数多く存在する。

本稿では、筆者らがこれまでに経験した様々な土質を対象とする現場透水試験を通じて、実施上の注意点や工夫点等を整理して報告する。

2. 代表的な単孔式現場透水試験方法

ボーリング孔を利用して行う現場透水試験方法は、注入または汲み上げた水位の経時変化から透水係数を算出する非定常法と注入圧力～注入量の関係から透水係数を算出する定常法に分けられる。浅層地盤を対象とするオーガー法以外はケーシング法に分類される(図-1参照)。

非定常法では、ロープ式水位計で水位を測定するのが一般的であるが、高透水性地盤では測定中の水位変化に追いつかないことから、試験区間長を調整する等して対応する場合が多い。

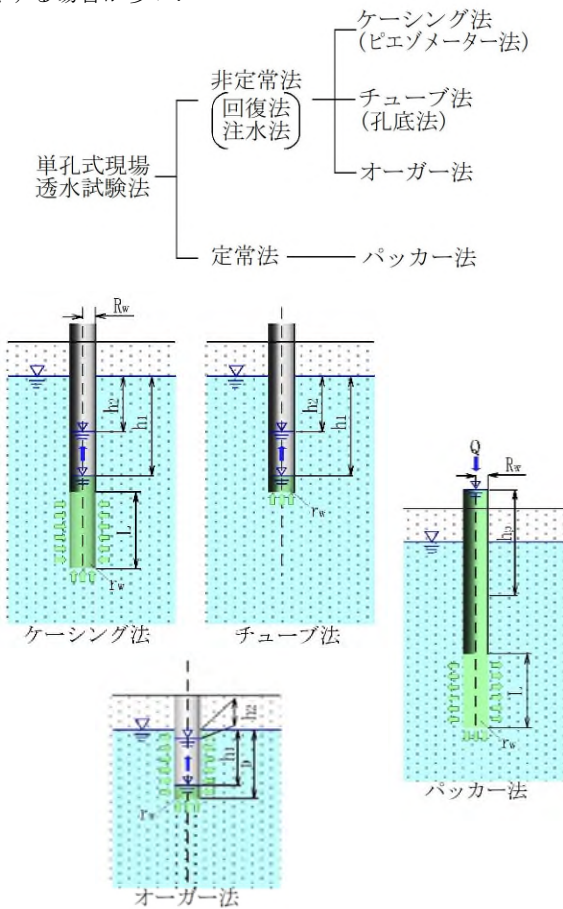


図-1 単孔式現場透水試験の種類¹⁾

表-1は、室内における試験方法と透水性の関係を整理したものである。ケーシング法で測定できるのは、表中の変水位～定水位透水試験の適用範囲と考えられ、透水性の高い砂・礫や難透水層では、試験区間長の調整に加えて、自記水位計を用いる等の工夫が必要である。

表-1 透水性と試験方法との適用性²⁾

| 透水性 | 透水係数(km/s) | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|
| | 10^{-11} | 10^{-10} | 10^{-9} | 10^{-8} | 10^{-7} | 10^{-6} | 10^{-5} | 10^{-4} | 10^{-3} | 10^{-2} | 10^{-1} |
| 透水性 | 事実上不透水 | 非常に低い | | | 低い | 中位 | | | 高い | | |
| 対応する土の種類 | 粘土性(C) | 微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土(SF) (S-P) (M) | | | | 砂及びれき(礫)(GW) (GP) (SW) (SP) (G-F) | | | 清浄なれき(GW) (GP) | | |
| 透水係数を直接測定する方法 | 特殊な変水位透水試験 | 変水位透水試験 | | | | 定水位透水試験 | | | 特殊な変水位透水試験 | | |

3. 現場透水試験実施上の注意点と工夫

(1)透水性が高い砂・礫地盤

透水性の高い砂・礫地盤では、ベラーで孔内水を汲み上げてからロープ式水位計が水面に到達するまでに水位回復することが多い。このような場合には、ポンプ等で強制的に水位を低下させ、自記水位計により水位を連続測定するような対応が考えられるが、試験区間のボーリングや孔壁崩壊に注意する必要がある。

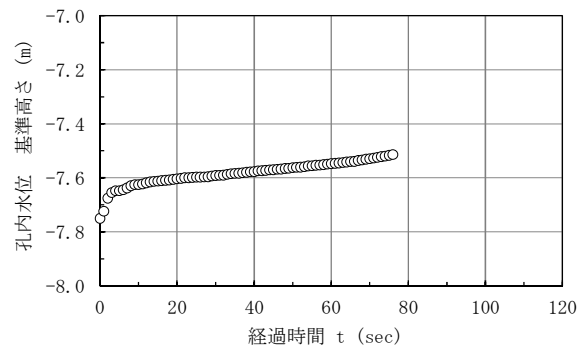


図-2 自記水位計による高透水性地盤の測定例(回復法)

また図-3に示すように、層流状態では流速と動水勾配が比例関係で表されるのに対し、乱流では流れの状態が不規則になる。このため、層流を前提とする現場透水試験では、流れの状態変化にも注意する必要がある。

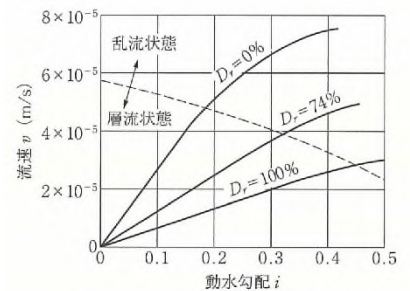


図-3 動水勾配と流速の関係³⁾

(2)難透水層

難透水層では、水の出入りが少ないため、長時間の測定を要する場合が多い。このような場合にも自記水位計を用いた作業時間外の測定が有効と考えられるが、後述する「湧水圧試験」による試験時間の短縮も期待できる。

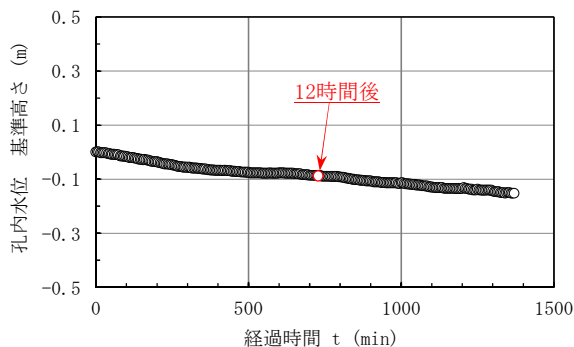


図-4 自記水位計による難透水層の測定例(注入法)

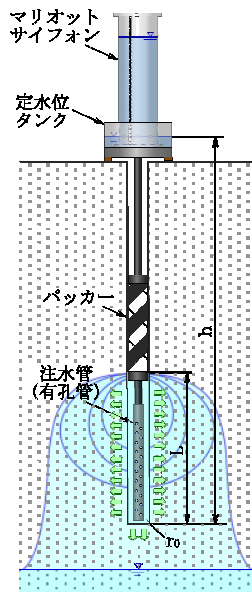
4. その他の現場透水試験法

(1)地下水面より上の地盤を対象とする試験

地下水面より上の地盤を対象とする試験法として、従来より、締め固めた地盤を対象とする試験法(JGS1316)が存在していたが、現場飽和透水係数を求める試験法(JGS1319)が2018年に基準化された。この手法は、従来法と同様にマリオットサイフォンを用いる定水位法の一つであるが、大容量給水タンクを装備することにより、高透水性地盤にも適用可能である。また、パッカーで試験区間を遮断できるため、孔中測定にも対応可能である。



図-5 地下水面より上の地盤の透水試験例⁴⁾



しかしながら、図-6に示すように、地下水面より上の地盤では、注水が不十分な状態で得られる透水係数が著しく小さくなることに留意する必要がある。

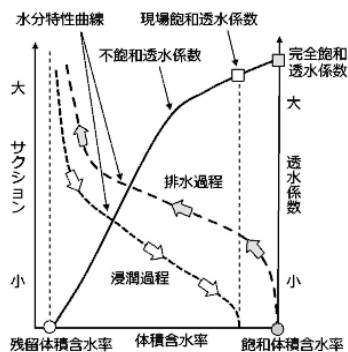


図-6 不飽和土の浸透特性値の概念図⁵⁾

(2)湧水圧試験

この手法は、パッカーで密閉された試験区間を加圧し、バルブを解放したときの圧力変化から透水係数を把握するものである。試験終了後にバルブを再び閉じることににより試験区間内の圧力が高まり、安定した状態での圧力から安定水位を把握する。水の出入りが少ない難透水地盤では、このような試験での時間短縮が期待できると考えられる。

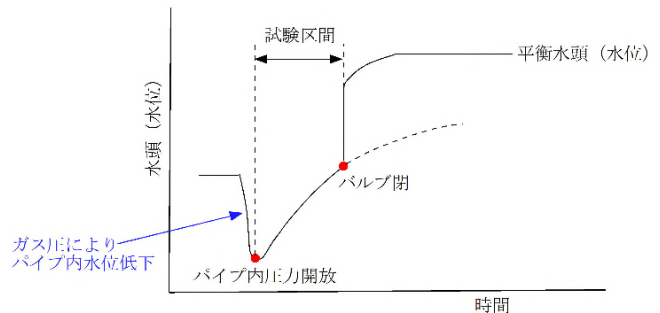


図-7 湧水圧試験のイメージ図

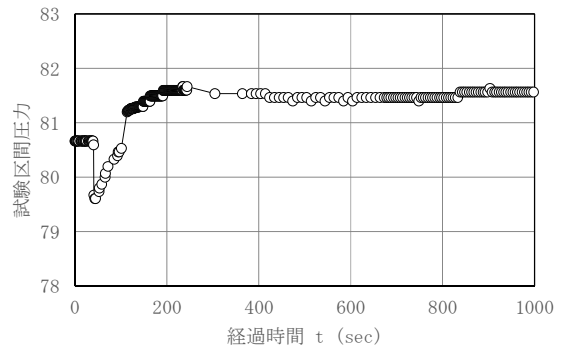


図-8 湧水圧試験の測定例

5. おわりに

本稿では、筆者らが経験した様々な現場透水試験法とそれらを実施する上での注意点・留意点等を整理した。

地盤の透水係数を把握する上では、試験対象の土質やその状態に合わせて、最適な試験法を選択するだけでなく、各種試験法の注意点や留意点を踏まえて、適切な結果が得られるよう努めることが重要と考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 関東地質調査業協会:新編ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル,pp.162,1995
- 2) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説,pp.450,2009
- 3) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説,pp.456,2009
- 4) 地盤工学会:新規制定地盤工学会基準・同解説地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法(JGS1319-2017),pp.16他,2018
- 5) 竹下祐二:不飽和地盤における浸透特性値の原位置測定方法,地盤工学会中国支部論文集,Vol.39,No.1,2021
- 6) 応用地質(株):MHTを用いた新しい透水試験法,p12