

# 単孔を利用した透水試験方法

## Method for determination of hydraulic properties of aquifer in single borehole

### 1 適用範囲

この基準は、単一のボーリング孔あるいは単一の井戸を利用して地盤の透水係数を求める方法について規定する。

この試験は、地下水面より下方の飽和した地盤を対象とする。

### 2 引用規格・基準

次に掲げる規格及び基準は、この基準に引用されることによって、この基準の規定の一部を構成する。これらの引用規格及び基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS A 0207** 地盤工学用語

**JGS 1311** ボーリング孔を利用した砂質・礫質地盤の地下水位の測定方法

**JGS 1312** 観測井による砂質・礫質地盤の地下水位の測定方法

### 3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、JIS A 0207 による。

### 4 試験方法の種類

試験方法には次の2種類があり、地盤の透水性などによって使い分ける。

#### 4.1

##### 非定常法

測定用パイプ内の水位を一時的に低下または上昇させ、平衡状態に戻る時の水位変化を経時的に測定して、地盤の透水係数を求める方法。

**注記1** 非定常法は、透水係数が $10^{-4}$  m/s程度以上と予想される砂質・礫質地盤においては、水位の経時変化が速く、計測し難いため適用に注意を要する。

**注記2** 非定常法は、試験時間内に初期水位差の90%程度まで水位が回復し、この時間内に少なくとも10点以上の測定データが得られる場合に適している。

#### 4.2

##### 定常法

揚水または注水して、測定用パイプ内の水位が一定となったときの流量を測定して、地盤の透水係数を求める方法。

**注記1** 定常法は、透水係数が $10^{-5}$  m/s程度以上と予想される砂質、礫質地盤に適している。

**注記2** 定常法は、水位回復が速く非定常法では所定の時間ピッチで10点以上の有効な測定データが

得られない場合に適している。

## 5 試験用具

### 5.1 共通

#### 5.1.1 削孔用具

所定の孔径で所定の深さを削孔できるボーリングマシン一式。

#### 5.1.2 測定用パイプ

JGS 1311 あるいは JGS 1312 に規定するもの。

**注記1** 水位変動区間の測定用パイプの内径は同一にすること。

**注記2** 井戸を用いる場合には、井戸用ケーシングを測定用パイプとして扱うこと。

#### 5.1.3 水位測定器

測定用パイプ内の水位を経時的に測定でき、1cm 単位まで読取り可能なもの。

**注記1** 水位測定では水圧計を用いてもよい。

**注記2** 水圧計は事前に校正係数及び無負荷状態の指示値を確認し、キャリブレーションしたものを  
用いること。

**注記3** 非定常法の場合、試験孔及び試験区間などの条件が整った段階で、**附属書A**の**A.1**及び**A.2**に  
示す式を用いて試験時の状況から測定時間及び測定時間間隔をそれぞれ推定し、その推定結  
果に応じて適切な水位測定器を用意すること。

### 5.2 非定常法の場合

#### 5.2.1 水汲上げ用具

測定用パイプ内の水位を比較的短時間で一時的に低下させる機能を有するもの。

**注記** 非定常法では測定用パイプ内の水位を低下させるために、ホンプかベローを用いる。測定用  
パイプ内を気密にして、空気圧で低下させる装置を用いてもよい。また、測定用パイプ内に水  
没させた錘(スラグ)を抜き取ることで、一時的に測定用パイプ内水位を低下させることができ  
る。

#### 5.2.2 水投入用具

測定用パイプ内の水位を比較的短時間で一時的に上昇させる機能を有するもの。

**注記** バケットや水槽などから水を投入すること、あるいはスラグを投入することで、一時的に測定  
用パイプ内水位を上昇させることができる。

### 5.3 定常法の場合

#### 5.3.1 揚水用具

一定の流量で測定用パイプ内から揚水できる機能を有するもの。

**注記** 測定用パイプ内の水位を低下させるために、一定の流量を継続して揚水することができるポン  
プを用いること。

#### 5.3.2 注水用具

一定の流量で測定用パイプ内へ注水できる機能を有するもの。

**注記** 測定用パイプ内の水位を上昇させるために、一定の流量を継続して注水することができるポン  
プを用いること。

#### 5.3.3 流量計

揚水流量または注水流量を測定できるもの。

### 5.3.4 溜置きタンク

揚水した地下水が試験地盤に戻らないよう溜め置くタンク。注水の場合、注水用水を溜め置くタンク。

## 6 試験孔の準備

試験孔の準備は、次による。なお、井戸を用いる場合には、その設置方法は **JGS 1312** による。

- a) **JGS 1311** により、試験区間上部までの削孔及び遮水を行い、測定用パイプを挿入する。  
**注記1** 孔壁が崩壊するおそれのあるときは、ケーシングによって孔壁を保護すること。
- b) 測定用パイプの先端から必要な試験区間を削孔し、清水を用い試験前に十分に洗浄する。  
**注記2** 試験区間部分が崩壊するおそれのあるときは、その部分にスクリーンのある測定用パイプを設置すること。
- c) 試験区間の長さ  $L$  と試験区間の孔径  $D$  の比  $L/D$  を 4 以上とし、試験終了時まで試験区間の形状を一定に保たなければならない。  
**注記3**  $L/D \geq 4$  が確保できない場合は、**附属書A**の**A.1**及び**A.3**に示す式とは異なる式で試験結果を整理すること。

## 7 試験方法

**注記** 試験方法の例を**附属書B**の**図B.1**に示す。

### 7.1 平衡水位の測定

以下の試験に先立って、試験区間内の平衡水位を、**JGS1311** により測定する。

**注記** 水圧計を用いた場合、測定した水圧を水位に換算すること。

### 7.2 試験開始前の水位測定

試験開始前の水位を測定する。なお、試験開始前の水位は、測定用パイプ内に機器（ポンプや計測機器）を設置した時点の水位とすること。

**注記** 試験終了後の水位も測定することが望ましい。

### 7.3 非定常法による試験

非定常法による試験方法は、次による。

- a) 測定用パイプ内の水位を、水を汲み上げて一時的に低下させるか、または水を投入して一時的に上昇させる。  
**注記1** 水の投入の際には、試験区間に目詰まりを生じさせたり、気泡を混入させたりしないように注意すること。
- b) 測定用パイプ内の水位  $h$  (m) を経時的に測定する。水位は cm 単位以下、時間は秒単位で測定する。  
**注記2** 測定用パイプ内水位に変動を与え終えた時点を試験開始時間  $t=0$ s とすること。水圧計によって試験前からの水位測定を継続している場合には、パイプ内水位の変動が最大になった時点を試験開始時間  $t=0$ s とし、このときの水位を試験開始時の水位  $h_p$  (m) とすること。  
**注記3** 孔口の高さあるいは水圧計の設置深さを基準として水位を測定する。基準点は試験期間中に移動しない点を選定すること。

### 7.4 定常法による試験

定常法による試験方法は、次による。

- a) 測定用パイプ内から揚水、または測定用パイプ内に注水する。

**注記1** 注水の際には、試験区間に目詰まりを生じさせたり、気泡を混入させたりしないように注意すること。

- b) 測定用パイプ内の水位  $h$  (m) を経時的に測定する。
- c) 測定用パイプ内の水位が一定となった時の揚水流量または注水流量  $Q_0$  (m<sup>3</sup>/s) を測定する。

## 8 結果の整理

非定常法では、測定用パイプ内水位の計測結果より水位回復曲線を作成し、定常法では、揚水流量または注水流量と測定用パイプ内水位の定常値を記録する。結果の解析方法を**附属書 A** に示す。

## 9 報告事項

次の事項を報告する。

- a) 試験孔の番号、位置及び地盤高

**注記1** 地盤高として標高を求めることが望ましい。

- b) 試験区間の深さ（試験前後）
- c) 試験日時及び天候
- d) 試験孔の構造
- e) 水位測定方法
- f) 水位測定の基準点位置

**注記2** 水位測定の基準点として、孔口高さあるいは水圧計設置深さを報告すること。

- g) 流量の測定方法
- h) 試験方法
- i) 試験区間内の平衡水位
- j) 水位測定記録
- k) 非定常法では用いた整理方法とそれに対応した水位回復曲線

**注記3**  $\log_{10} s - t$  曲線あるいは  $s/s_p - \log_{10} t$  曲線を示すこと。

- l) 定常法では揚水流量または注水流量と測定用パイプ内水位
- m) 透水係数

**注記4** 非定常法の試験結果を曲線一致法で整理した場合は、比貯留係数  $S_s$  (1/m) を報告すること。

- n) この基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- o) その他特記すべき事項

## 附属書 A (規定) 結果の解析方法

### A.1 非定常法：直線勾配法

直線勾配法は、試験結果が地盤の貯留性の影響を受けていないと判断される場合に適用する。

直線勾配法は、**附属書 B の図 B.2** に示した  $\log_{10}s-t$  曲線に直線部分が認められる場合に適用する。

直線勾配法は、透水係数のみを求めることができる。

直線勾配法による結果の整理方法は、次による。

- a) 片対数グラフの対数目盛（縦軸）に平衡水位  $h_0(\text{m})$  と測定用パイプ内の水位  $h(\text{m})$  との水位差  $s=|h_0-h|(\text{m})$  を、算術目盛（横軸）に時間  $t(\text{s})$  をとり、**附属書 B の図 B.2** に示すように  $\log_{10}s-t$  曲線を作成し、図中のプロットに直線勾配が認められることを確認する。
- b) 得られた直線の勾配(1/s)を求める。勾配は、直線上にある任意の 2 点の座標( $t_1, \log_{10} s_1$ )及び( $t_2, \log_{10} s_2$ )から次式で求める。

$$a = \frac{\log_{10}(s_1 / s_2)}{t_2 - t_1}$$

- c) 透水係数  $k(\text{m/s})$  を、次式で算定する。

$$k = \frac{(2.3d_e)^2}{8L} \log_{10}\left(\frac{2L}{D}\right)a$$

ただし、

$$\frac{L}{D} \geq 4$$

ここに、

$d_e$  : 手動式水位測定器の場合、 $d_e=d$   
水圧式測定器の場合、測定用パイプ内の断面積から水位測定ケーブルの断面積  $c(\text{m}^2)$  を差し引いて求めた有効断面積と等価な面積を有する円の直径

$$\left( = \sqrt{d^2 - \frac{4c}{\pi}} \right) (\text{m})$$

$d$  : 水位変動区間における測定用パイプの内径(m)

$D$  : 試験区間の孔径あるいは測定用パイプのスクリーン外径 (m)

$L$  : 試験区間の長さ(m)

### A.2 非定常法：曲線一致法

曲線一致法は、試験結果が地盤の貯留性の影響を受けて  $\log s-t$  曲線に明確な直線が見られないと判断される場合に適用する。

曲線一致法は、透水係数と比貯留係数を求めることができる。

**注記** 比貯留係数の推定感度は、透水係数に比べると著しく鈍いため参考値とする。

曲線一致法による結果の整理方法は、次による。

- a) 平衡水位  $h_0$  (m), 試験中に測定した水位  $h$  (m)及び試験開始時の水位  $h_p$ (m)から, 試験中の水位差  $s = |h_0 - h|$  (m), 及び試験開始時の水位差  $s_p = |h_0 - h_p|$  (m)を求める。さらに, 水位差比  $s/s_p$  を求める。
- b) 片対数グラフの算術目盛 (縦軸) に水位差比  $s/s_p$  を, 対数目盛 (横軸) に試験開始時からの経過時間  $t$  (s)をとって, 測定値をプロットする。
- c) b)で作成したグラフと同じスケールの別の片対数グラフに, **附属書 B** の **図 B.3** のように, 貯留係数比  $\alpha$  毎の水位差比  $s/s_p$  と無次元時間  $\beta$  の関係を示す標準曲線群を作成する。
- d) **附属書 B** の **図 B.4** に示すように, b)と c)で作成した二つのグラフを重ね、時間軸 (横軸) 方向に片方のグラフを平行移動させ, 測定値と最もよく合致する標準曲線を選ぶ。この標準曲線に対応する  $\alpha$  の値 ( $\alpha_m$ ) 及び任意の合致点に対応する両グラフの時間軸座標  $t_m$  と  $\beta_m$  を読み取る
- e) 次式により, 透水係数  $k$  (m/s)と比貯留係数  $S_s$  (1/m)を求める。

$$k = \frac{d_e^2 \beta_m}{4L t_m}$$

$$S_s = \frac{d_e^2}{LD^2} \alpha_m$$

### A.3 定常法

定常状態における測定用パイプ内水位の平衡水位からの変動量  $s_0$  (m)と定常時の流量  $Q_0$  (m<sup>3</sup>/s)より, 透水係数  $k$  (m/s)を次式で算定する。

$$k = \frac{Q_0}{2\pi s_0 L} \ln\left(\frac{2L}{D}\right) = \frac{2.3Q_0}{2\pi s_0 L} \log_{10}\left(\frac{2L}{D}\right)$$

ただし,

$$\frac{L}{D} \geq 4$$

ここに,  $Q_0$ : 揚水流量または注水流量(m<sup>3</sup>/s)  
 $s_0$ : 定常時の水位変動量(m)

### A.4 試験条件が結果に及ぼす影響の確認

曲線一致法によって評価された比貯留係数が代表的な地盤の比貯留係数と比較して小さ過ぎないか, 曲線一致法と直線勾配法で評価された透水係数に有意な差が表れていないかを確認し, 両者を満足できない場合は, スキンの影響を受けた結果である旨をその他特記すべき事項として報告すること。

## 附属書 B (参考) 結果の解析例

### B.1 試験方法の例

図 B.1 に、試験方法の概要を示す。

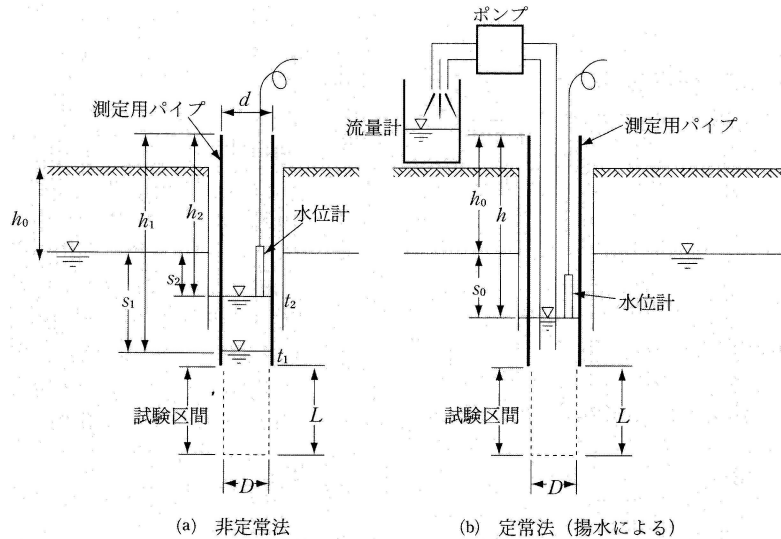


図 B.1—試験方法の概要

### B.2 非定常法：直線勾配法の例

図 B.2 に、直線勾配法の例を示す。

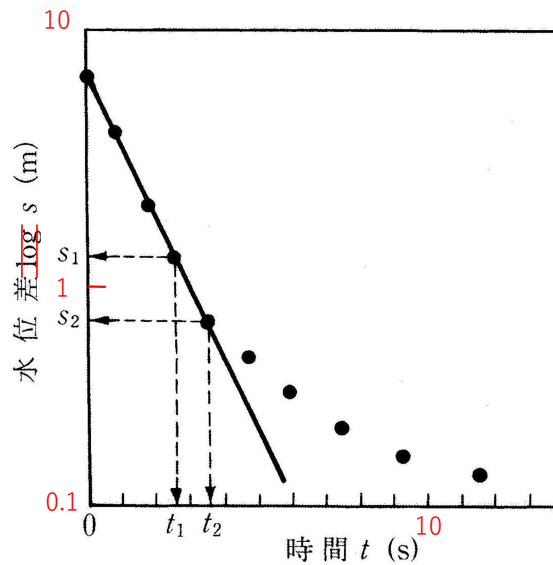


図 B.2— $\log_{10} s$ - $t$  曲線の例

### B.3 非定常法：曲線一致法の例

図 B.3 及び図 B.4 に、曲線一致法の例を示す。

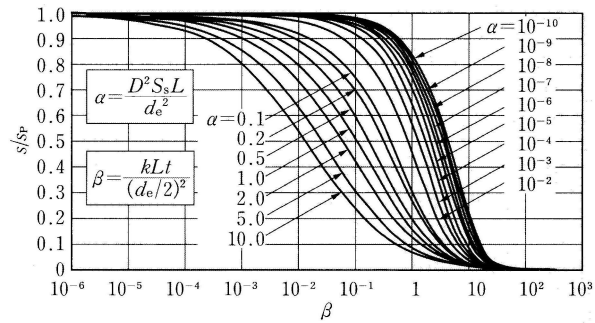
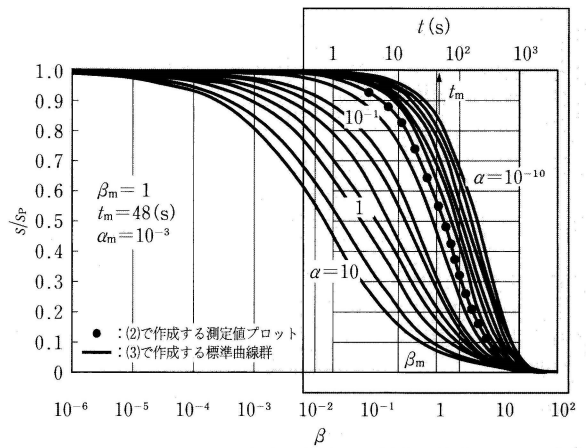


図 B.3—標準曲線群の例



(3)で作成する標準曲線群に対する横軸

図 B.4—曲線一致法の例



## 附属書 C (参考)

### 試験条件が結果に及ぼす影響の整理例

#### C.1 自然水位の測定に誤りがあった場合の例

附属書 A の A.1 における直線勾配法の適用では、本来明確な直線形状となるものが、測定を誤ることで図 C.1 に示すように曲線形状を示すことがある。

#### C.2 乱流発生の場合の例

非定常法で試験開始水位差が過大であると、試験孔に集中する地下水流が乱流となる場合がある。特に試験開始直後のプロットに直線性が認められない場合は、これより後の直線を示すプロットに着目した整理が適切である。この現象を確認するには、図 C.2 に示すように、試験開始水位を変更した試験を複数実施し、同じ座標軸上に整理することで、互いに平行となる直線区間を直線勾配解析に適用することができる。

#### C.3 井戸周辺に低透水性層が残留した場合の例

試験区間周辺に削孔時の泥土などの低透水性層が残留した場合、附属書 A の A.2 における曲線一致法から算定される比貯留係数が対象地盤のそれよりも数オーダー小さくなる可能性がある。比貯留係数の算定値は参考値とされることが多いが、本例の様に低透水性層が残留している懸念もあることに留意する必要がある。

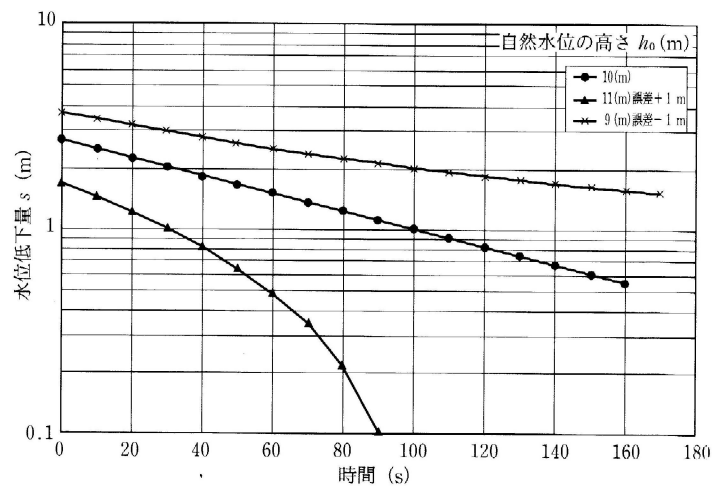


図 C.1—自然水位の測定誤差が試験結果に与える影響

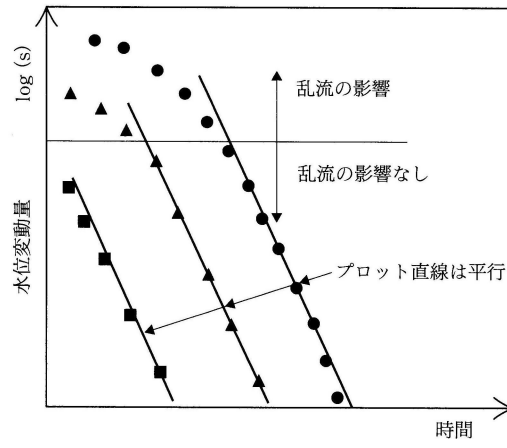


図 C.2—乱流の影響

JGS1314「単孔を利用した透水試験」改定新旧対照表

No.	番号	現行基準	改定案	改定理由
1	2	次に掲げる基準は、この基準に引用されることによって、この基準の規定の一部を構成する。これらの引用基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。	次に掲げる規格及び基準は、この基準に引用されることによって、この基準の規定の一部を構成する。これらの引用規格及び基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。 JIS A 0207 地盤工学用語	新規規格制定のため。
2	3	【記述なし】	3 用語及び定義 この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 0207 による。	
3	5 6	「掘削」	「削孔」	JIS A 0207 地盤工学用語における「掘削」の定義と異なるため。
4	5.1.3	【記述なし】	注記3 非定常法の場合、試験孔及び試験区間などの条件が整った段階で、附属書AのA.1及びA.2に示す式を用いて試験時の状況から測定時間及び測定時間間隔をそれぞれ推定し、その推定結果に応じて適切な水位測定器を用意すること。	非定常法の水位計測の測定間隔に関する記載がなく、自動計測が可能な計器を使う場合には問題とならないが、手計りの水位計で水位を観測する場合、想定される透水係数や井戸の仕様によって、測定間隔を試験前に決定することが必要であるため。
5	4.2	【記述なし】	7.2 試験開始前の水位測定 試験の開始の水位を測定する。 なお、試験開始前の水位は、測定用パイプ内に機器（ポンプや計測機器）を設置した時点の水位とすること。 注記 試験終了後の水位も測定することが望ましい。	平衡水位が何時の時点の水位であるかが不明瞭であることから、試験開始前の水位測定を必須とし、試験終了時にも水位測定をすることが望ましいため。
6	A.4	【記述なし】	A.4 試験条件が結果に及ぼす影響の確認 曲線一致法によって評価された比貯留係数が代表的な地盤の比貯留係数と比較して小さ過ぎないか、曲線一致法と直線勾配法で評価された透水係数に有意な差が表れていないかを確認し、両者を満足できない場合は、スキンの影響を受けた結果である旨をその他特記すべき事項として報告すること。	算定された透水係数が実際よりも小さい値である可能性を確認する必要があるため。
7	図B.4		図の目盛りを追加。	縦軸の対数軸を分かりやすくするため。
8	C	【記述なし】	附属書C（参考） 試験条件が結果に及ぼす影響の整理例	上記A.4を受けて、その整理例を示す必要があるため。