

地盤品質判定士会 中部支部 令和6年度総会 話題提供

# 複数の手法で測定した 火山灰質粘性土の透水係数 の差異に関する考察

地盤品質判定士  
(株)アサノ大成基礎エンジニアリング  
齊藤 倫久

1

## 目次

1. はじめに
2. 透水係数の比較
3. 考察
4. まとめ

2

## 1. はじめに

### 【業務背景】

①宅地造成の計画地において浸透施設の計画があり、設計に対して対象地盤(火山灰質粘性土層)の浸透能力の把握が必要であった。

②浸透能力の把握は、「雨水浸透施設技術指針(案)」等で、現地浸透試験の実施が推奨されている。

ただし、当初は計画深度が深かったため試験の実施が困難と判断し、代替案として室内透水試験を提案・実施した。

③その後、計画深度が浅部へ変更となり、改めて現地浸透試験を実施した。

その結果、現地浸透試験と室内透水試験で得られた透水係数と2オーダー程度の差異が認められた。⇒ **この差の要因は何か・・・？**

3

## 1. はじめに

### ◎透水係数を求める方法

大区分	手法区分	中区分	対象	試験の名称・方法	規格・基準番号
直接法	原位置試験	単孔式透水試験	地盤	単孔を利用した透水試験方法	JGS 1314-2003
			岩盤	孔内水位回復方による岩盤の透水試験方法	JGS 1321-2003
				注水による岩盤の透水試験方法	JGS 1322-2003
				ルジオン試験方法	JGS 1322-2003
	多孔式揚水試験	帯水層	揚水試験方法	JGS 1315-2003	
	その他	盛土	締め固めた地盤の透水試験方法	JGS 1316-2003	
	室内試験	定水位透水試験	供試体	土の透水試験方法	JIS A 1218:1998
変水位透水試験					
不飽和透水試験		不飽和	不飽和土の透水試験方法	—	
間接法	推定手法	粒度から推定	粗粒土	クレーガーの方法、ハーゼンの式	—
	解析的手法	数値解析	地盤・岩盤	逆解析	—

出典:「現場技術者のための地質調査技術マニュアル」,(一社)関東地質調査業協会

4

# 1. はじめに

## ◎透水係数の解析・設計への活用

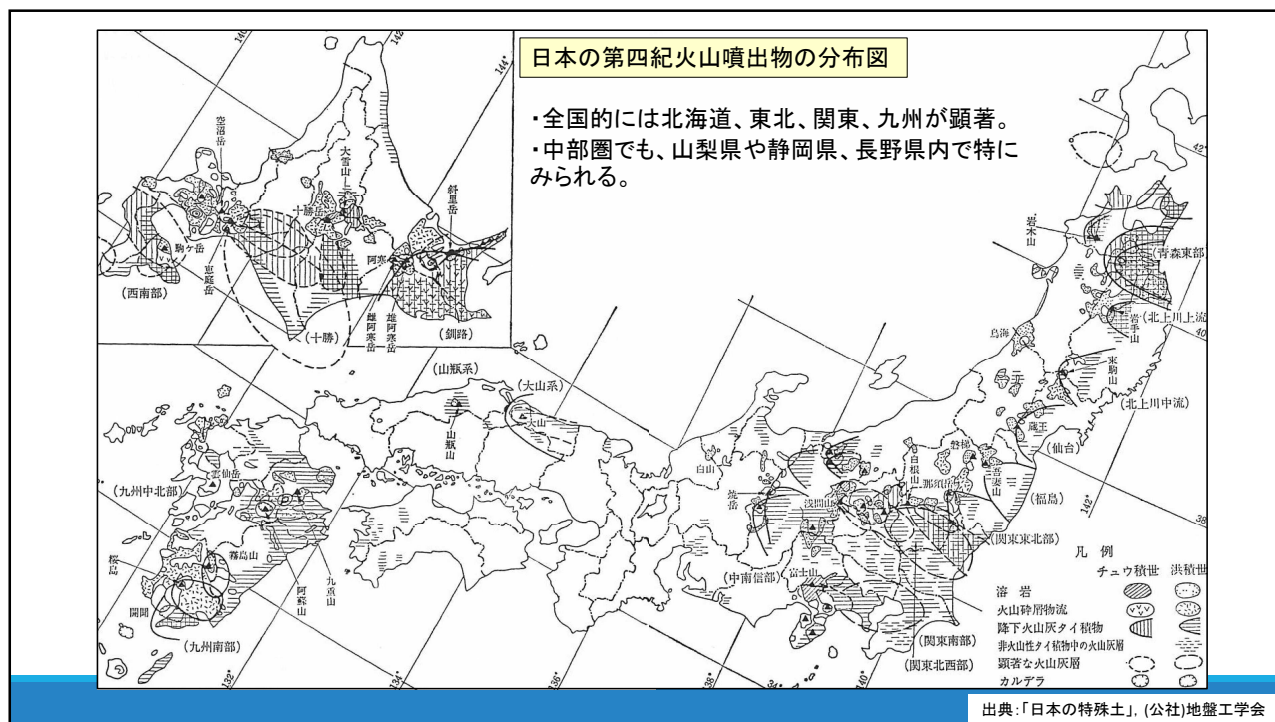
⇒ 地下水の関係する各種諸問題でも活用

- ・宅地造成分野 ⇒ 浸透施設の設計
- ・河川分野 ⇒ 堤防の浸透流解析
- ・建築分野 ⇒ 根切り掘削時の湧水量、水位低下量の算定

・・・etc

**目的に応じた試験法の適用、試験値の採用が必要である。**

5



6

## 2. 透水係数の比較

今回、同一層で得た透水係数は以下の方法による。

- ①現地浸透試験
- ②土の室内透水試験 (JIS A 1218:2009)
- ③土の段階載荷による圧密試験 (JIS A 1217:2009)

また、クレーガー法による算定結果や文献資料から得られる情報も比較対象とした。

7

## 2. 透水係数の比較

試験・算定方法	透水係数の範囲 (m/sec)
① 現地浸透試験	$3.24 \times 10^{-5} \sim 5.88 \times 10^{-6}$
② 室内透水試験 (変水位法)	$6.34 \times 10^{-7}$
③ 土の段階載荷による圧密試験	$1.43 \times 10^{-8} \sim 8.10 \times 10^{-10}$
④ クレーガー式による推定 (※1)	$4.94 \times 10^{-10}$ (※適用範囲外)
⑤ 文献資料の測定例 (※2)	$1.00 \times 10^{-7} \sim 1.00 \times 10^{-9}$

(※1) クレーガー法による推定式:  $k = 0.0034 D_{20}^{2.2954}$  ( $0.005 \leq D_{20} \leq 2$ )

(※2) 出典: 「土質調査 基本と手引き」, (公社)地盤工学会 よりシルトの値を記載

上記の通り、透水係数に  $10^{-5} \sim 10^{-10}$  オーダ一程度の大きな乖離が認められた。

⇒ **なぜか・・・?**

8

### 3. 考察

#### 【着目点】

#### ◎試験方法・条件の違い

試験が原位置or室内、試験試料が飽和土or不飽和土、  
試験条件に伴う火山灰質粘性土の特徴に基づく影響、

・・・etc

9

試験名	①現地浸透試験	②室内透水試験	③土の圧密試験
概略図	<p>出典:「雨水浸透施設技術指針」, (公社)雨水貯留浸透技術協会</p>	<p>出典:「地盤材料試験の方法と解説」, (公社)地盤工学会</p>	<p>出典:「地盤材料試験の方法と解説」, (公社)地盤工学会</p>
試験方法	<p>【試験方法】(ボアホール法, 定水位法)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①ハンドオーガー等で作成した試験孔に有孔塩ビ管を立込み、塩ビ管周囲にフィルター材を充填する。</li> <li>②孔内に定水位を保つように水を注入し、注水量を測定する。</li> <li>③単位時間当たりの浸透量と注水時間の関係図を整理し、終期浸透量(単位時間当たりの浸透量が概ね一定となる量)を求める。</li> </ol>	<p>【試験方法】(変水位法)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①供試体を透水円筒に入れ、透水円筒内の脱気を行い、飽和度を高める。</li> <li>②透水円筒の上蓋にスタンドパイプと貯水槽を連結し、満水状態の越流水槽に沈める。</li> <li>③バルブの開閉でスタンドパイプから透水円筒へ注水し、スタンドパイプの水位(h1, h2)と時間(t1, t2)を計測する。</li> </ol>	<p>【試験方法】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①圧密リング内に供試体を入れ、圧密容器の底板に置き、容器を組み立てる。</li> <li>②圧密容器を空の水浸容器に入れ、載荷装置、変位計を取り付ける。</li> <li>③1段階24時間ごとに圧密圧力<math>p=p'+\Delta p</math> (<math>p'/\Delta p=1</math>)で供試体を載荷し、変位計の読みを記録する。これを計8段階行う。</li> </ol>
透水係数の求め方	<p>【透水係数の求め方】</p> <p>飽和透水係数 <math>k_0 = \frac{Q_t}{K_t}</math></p> <p><math>Q_t</math>: 終期浸透量, <math>K_t</math>: 比浸透量</p>	<p>【透水係数の求め方】</p> <p>透水係数 <math>k_t = 2.303 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{1}{100}</math></p> <p>a: スタンドパイプの断面積 A: 供試体の断面積, L: 供試体の長さ</p>	<p>【透水係数の求め方】※規格の規定外</p> <p>圧密係数 <math>C_v</math> は、体積圧縮係数 <math>m_v</math> と透水係数 <math>k</math> の比で定義される。</p> <p>透水係数 <math>k = \rho_w \cdot g \cdot C_v \cdot m_v</math></p> <p><math>\rho_w</math>: 水の密度, <math>g</math>: 重力加速度 <math>C_v</math>: 圧密係数, <math>m_v</math>: 体積圧縮係数</p>

10

### 3. 考察

---

#### 【要因1】透水(排水)条件の違い

・土層や試料に対する透水(排水)方向が異なる。

現地浸透試験 : 試験孔周囲+底面からの排水 ⇒  $10^{-5} \sim 10^{-6}$ オーダー

室内透水試験・圧密試験 : 試料底面からの排水のみ ⇒  $10^{-7} \sim 10^{-9}$ オーダー

⇒<仮説1> **地盤の異方性や不均一性**に起因した透水性の差が結果に反映される。

・今回の試験方法はいずれも注水方式であるが、細粒土の場合、排水面にコロイド粒子がたまり、透水を阻害する要因となる。

⇒<仮説2> 排水先の面積が広い方が目詰まりの影響が小さく、流動阻害が生じにくいものと推察される。

### 3. 考察

---

#### 【要因2】原位置試験or室内試験の違い

・透水性は、試験孔やサンプリング試料の状態に依存する。

⇒<仮説3> 原位置試験では、試験孔作成時に孔壁の崩壊が生じやすく、**透水性は実際より過大となる傾向**が考えられる。

一方、室内試験に供する試料を採取する際は、試料の乱れが生じやすく、また試験容器に収納する等の行為により、**透水性は実際より過小となる傾向**が考えられる。

### 3. 考察

#### 【要因2】原位置試験or室内試験の違い

・一般的に、透水係数の信頼性は、**試験対象とする空間的な範囲が広いほど高い**とされている。(地盤の異方性や不均一性が反映されやすい)



・解析、設計対象物の機能に応じて、解析上どの試験結果を用いるか吟味が必要である。

13

### 3. 考察

#### 【要因3】火山灰質粘性土の特徴による影響

・火山灰質粘性土は、**鉛直方向のクラックが発達**しやすい特徴を持つ。

⇒〈仮説4〉透水性は**鉛直方向** >> **水平方向**である。クラックの影響は、室内に比べて原位置の方が出やすく、継続的な注水により拡大している可能性が考えられる。

・火山灰質粘性土は骨格構造が発達し、通常間隙内の水分や空気が移動しにくい。

⇒室内透水試験で得られる透水係数と圧密試験結果より算定される透水係数は近い結果になるとされている(大島ほか, 2001)。

〈仮説5〉ただし、火山灰質粘性土の場合、間隙が多く粒子間の**気泡の除去が難しい**ため、概ね完全な飽和状態で行う室内透水試験と、乾燥を防ぐ程度で行う圧密試験では、**飽和度の違い**により試験値に差が生じたものと考えられる。

14

## 4. まとめ

- ・本考察は、現状一般論等に基づく推察に止まり、検証には至っていない。
- ・透水係数を求める方法は様々あるが、その評価についてはかなり複雑であり、それぞれの試験条件や土の物性値等の条件で結果が大きく異なる。
  - <仮説1> 地盤の異方性や不均一性に起因した鉛直と水平方向の透水性の差
  - <仮説2> 排水先の面積に伴う目詰まりのしやすさ
  - <仮説3> 試験孔の精度や試料の乱れの影響
  - <仮説4> 火山灰質粘性土に発達するクラックの影響
  - <仮説5> 試験時の試料の飽和度の違い
- 特に今回の試験結果から、火山灰質粘性土の透水性に関しては、火山灰質土の特殊性や縦横の排水方向、対象とする範囲の広さの影響が大きいと考える。

15

## 4. まとめ

- ・解析・設計対象物の機能に応じて、解析・各段階でどの透水係数を用いるかは十分吟味する必要がある。
- 信頼性は、「原位置>室内」とされているが、透水性において安全率の高い方を採用すれば、過大設計の問題が生じる可能性がある。解析の目的、要求精度、解析方法によって取り扱い方が異なるため、状況に応じて適切な試験方法と試験値を設定する必要がある。
- Exp1.根切掘削時の湧水対策、河川堤防の浸透対策
  - ⇒ 透水性を高く評価すると安全側の設計となるため、現場試験値を採用。
  - ⇔ 過大設計の懸念がある
- Exp2.河川堤防の安定性検討(川裏側の排水性)、粘性土の圧密沈下速度の計算
  - ⇒ 透水性を低く評価すると安全側の設計となるため、室内試験値を採用。
  - ⇔ 過大設計の懸念がある

16