

広範囲な動水勾配・温度条件における礫質土の透水性の測定とその評価

防衛大学校 学 ○熊倉 黎 正 宮本慎太郎
防衛大学校 正 宮田喜壽

1. はじめに

電力発電、地熱発電、廃棄物処分場などの集排水技術など、土中の水の流れを考える上で、広範囲な流速や温度条件が及ぼす影響を考慮すべき地盤技術は多い。しかし、現状では、大きな動水勾配下での透水性や温度の違いが透水性に及ぼす影響が明らかになっていない。本研究では、広範囲の動水勾配、温度条件を与えることが可能な透水試験装置を開発し、それらの条件が地盤材料の透水性に及ぼす影響を評価した。それらの結果を元に、管路流れの考え方を適用して、動水勾配・温度条件を考慮した透水性評価法を提案した。

2. 実験方法の概要

開発した透水試験装置を図-1 に示す。本装置は、アタッチメントを替えることで定水位試験と変水位試験の両方が行える装置となっている。基本的な試験法は JIS A 1218 に準拠しており、供試体寸法は直径 100, 高さ 120 mm である。試験では、定水位試験で低い動水勾配条件 ($0 < i < 2$ 程度) を、変水位透水試験で高い動水勾配条件 ($1 < i < 10$ 程度) を与えることが可能で、一連の試験によって広範囲な動水勾配条件での透水性を評価することができる。今回の実験では、変水位透水試験によって動水勾配と温度を変化させた試験を行った。試料は比較的均一な粒径を有する材料を使用するものとし、平均粒径 $D_{50} = 0.03, 1.2, 3.0, 4.8, 9.6$ mm である 5 種類の材料 (それぞれ D003, D01, D03, D05, D10 と称する) を用いた (図-2)。また温度条件は、20, 30, 40, 50℃ とし、供試体作製後に水を試験装置に満たし、所定の温度まで水温を調整したのち、試験を開始した。

3. 実験結果と考察

温度を変化させて透水試験を行った結果として、図-3 に動水勾配と流速の関係を示す。a) は比較的粒径の小さい D003 の結果を、b) は比較的粒径の大きい D03, 05, 10 の結果を示している。粒径が小さい材料では、顕著に温度の影響がみられ、その傾向は動水勾配が大きな範囲においても同様であった。しかし、粒径が大きい材料では、温度の影響はみられなくなる。これは、粒径の小さな場合には流速が遅いため、流体の粘性の影響が強くみられるためである。粒径の大きな場合には流速が早くなるため、粘性の影響よりも乱流状態である影響が大きくみられるようになり、動水勾配と流速の関係が明確に非線形性を示すようになる。

動水勾配および温度を考慮して透水性を評価するため、管路流れの考え方を適用して結果を整理した。土中の水は間隙内を流れているため、管路直径 nD , 粗さ k_s の管路を流れていると仮定した。それぞれ物理量は図-4 に示すようである²⁾。ここで、本実験では均一粒径の材料を使用しているため、代表粒径 k_s は平均粒径 D_{50} として評価した。結果として、あらさのレイノルズ数 Re^* と実流速と摩擦速度の比 u/u^* の関係を図-5 に示す。流速を実流速と摩擦速度の比として、動水勾配、温度の違いをあらさのレイノルズ数 Re^* によって表現しており、粒径の異なるすべての土の透水性を動水勾配、温度条件を考慮して評価できている。さらに、管路の基礎式 (図-4) を用いて全ケースの透水性を評価した結果を図-6 に示す。提案式は実験値をよく評価できている。管路流れの考え方を適用して土中の透水性を評価することで、粒径、動水勾配、温度条件を考慮した評価が可能になることが確認された。

4. まとめ

(1) 粒径が小さい場合には、温度が大きくなるほど同動水勾配下での流速が大きくなる。粒径が大きくなると温度の影響はみられなくなり、温度によらず同程度の流速を示す。(2) 管路の流速評価の考え方を適用することで、土中の流れにおいても、動水勾配および温度条件を考慮した流速の評価が可能であることを示した。

キーワード 透水性, 透水試験, 動水勾配, 温度

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3810 E-mail : miyamoto@nda.ac.jp

参考文献

- 1) 宮本慎太郎, 宮田喜壽: 広範囲な動水勾配条件における礫質土の透水特性とモデル化, 第54回地盤工学研究発表会講演集, 講演概要集 (CD-ROM), 430, 2019.
- 2) 椿東一郎: 水理学 I, 基礎土木工学全書6, 森北出版, 1973.

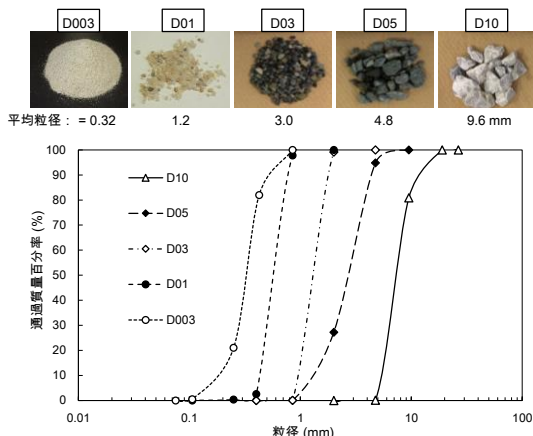
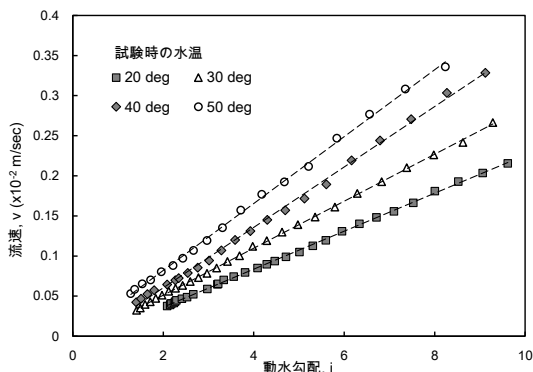
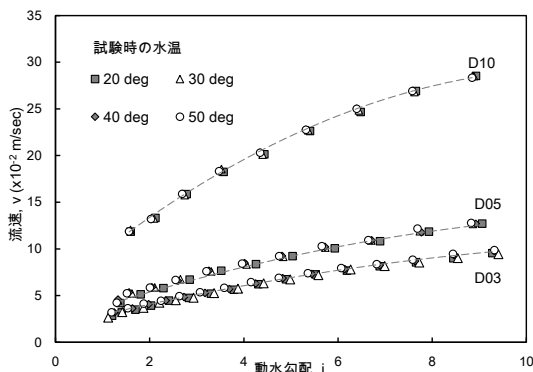


図-2 実験に使用した土試料とその粒度分布

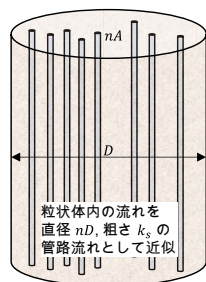


(a) D003



(b) D03, 05, 10

図-3 動水勾配・温度が透水性に及ぼす影響



流れの基礎式

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = A \log_{10} \left(B \frac{u_* \cdot k_s}{v} + C \frac{d}{k_s} \right) + D$$

物理量の定義

D : 供試体の直径 (m)
 n : 供試体の間隔率
 k_s : 供試体の代表粒径 (m)
 v : 動粘性係数 (m^2/s)
 g : 重力加速度 (m/s^2)
 l : 動水勾配
 v : 見かけの流速 (m/s)

実流速 u の平均値の評価式

$$\bar{u} = \frac{Q}{nA} = \frac{v}{n}$$

摩擦速度 u_* の評価式

$$u_* = \sqrt{g \cdot \sqrt{n} \cdot D / 4 \cdot l} = \sqrt{g \cdot d / 4 \cdot l}$$

あらさのレイノルズ数 Re^* の評価式

$$Re^* = \frac{u_* \cdot k_s}{v}$$

図-4 動水勾配・温度条件を考慮した透水性評価法

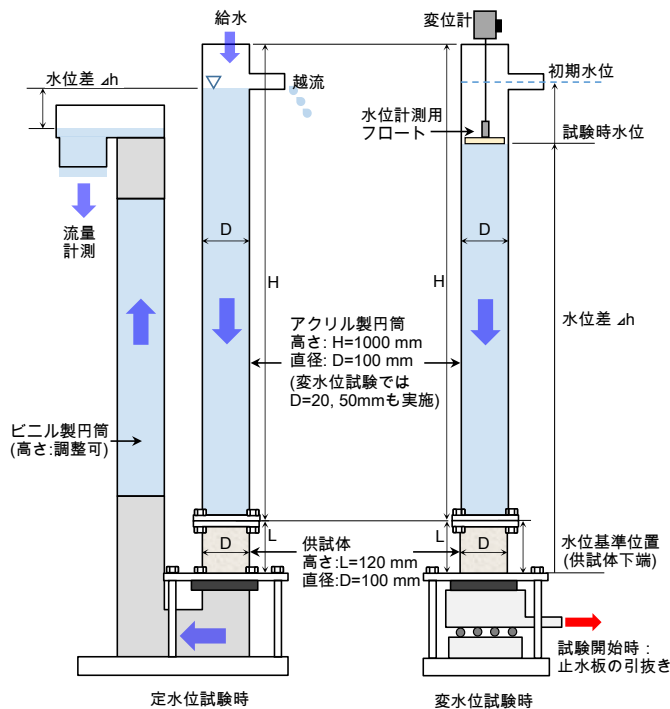


図-1 透水試験装置の概要

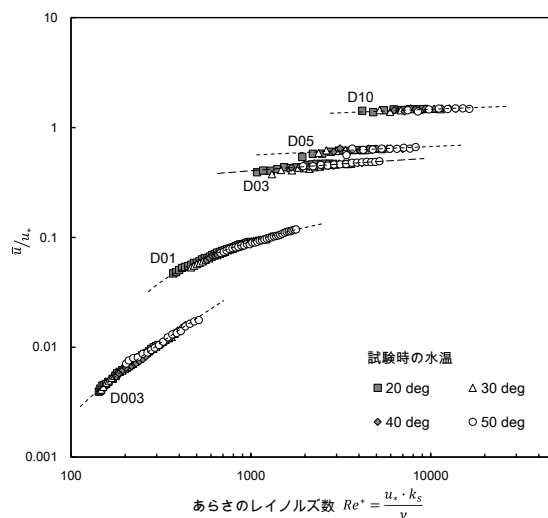


図-5 あらさのレイノルズ数と u/u_* の関係

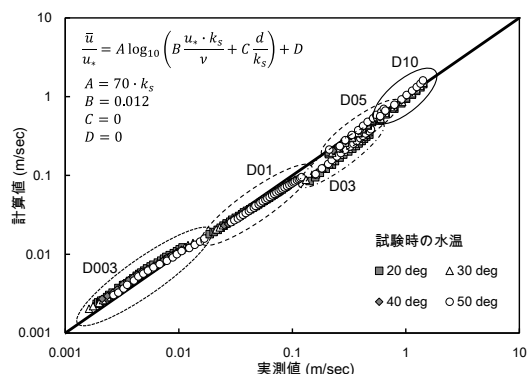


図-6 提案式と実験値の比較