

砂の相対密度が透水係数に与える影響

—3 種類の砂の定水位透水試験結果—

Influence of Relative Density of Sand on Permeability Coefficient
—Constant Head Permeability Test Results of Three Types of Sand—○井上健太¹, 山田雅一², 道明裕毅²*Kenta Inoue¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo²

Abstract: In this paper, constant head permeability test was conducted. Then, we examined the influence of sand type and relative density on permeability coefficient. We used three types of Toyoura sand, Kasumigaura sand and Watarasegawa sand with different particle sizes. Experiments were conducted by changing the relative density of sand. As a result, when the relative density of sand increased, the permeability coefficient tended to decrease. Also, it turned out that the tendency varies depending on the sand type. From the above results, it is suggested that the sand type and relative density may influence the permeability coefficient.

1. はじめに

地盤の透水性を表す透水係数は、山留め工事の際に、地下水位が高水位な場合に用いられる排水工法の検討を行うためなどに用いられている。また、地盤の表層付近において飽和砂層の液状化の可能性を検討する場合や透水性の高い砂層が直近に存在する場合には、地震動の継続時間中においても透水が起こると考えられ、そのような地盤の地震時挙動の検討などにも用いられる。

地盤の透水係数を求める方法は、現場透水試験および室内試験において様々なものがあるが、一般に比較的容易に求めることができることと経済的な理由から、10%粒径 D_{10} から透水係数を推定する Hazen の式²⁾や 20%粒径 D_{20} から透水係数を推定する Creager による方法³⁾などのように、粒径から透水係数を推定する方法が多く用いられている。しかし、これらの推定手法のように、ひとつの粒度特性値のみから透水係数を推定する方法は、全ての地盤条件に対して適用することができない可能性がある⁴⁾と示唆されている。

本報告では、粒度特性の異なる 3 種類の砂試料を用いて定水位透水試験を行い、砂の種類や相対密度が透水係数に及ぼす影響について検討を行う。

2. 実験概要

本報告では、砂の種類や相対密度が透水係数に及ぼす影響について検討を行うために、3 種類の砂（豊浦砂、霞ヶ浦砂、渡良瀬川砂）に対して、相対密度を変えて定水位透水試験を行った。Table 1 に使用した試料の物理的性質を示す。Figure 1 に使用した試料の粒径加積曲線を示す。実験装置は、供試体長さ 12.47cm、直径 9.98cm の定水位透水試験装置を使用した。Figure 2,

3 に実験装置の模式図を示す。供試体は、水中落下法により以下の手順で作製した。目標の相対密度になるように所定量の砂を数回に分けて投入する。砂の投入間には、10 分間の煮沸を行う。なお、高い密度での試験では、10 分間の煮沸後、モールドの側面を木槌で 100 回以上打撃して試料を締め固め、相対密度を高めた。供試体作製後、供試体を実験装置に設置し、2 時間以上の通水後、水位が安定したことを確認し、測定を開始した。越流量の測定は原則として 180 秒間の流出水量を 3 回測定し、同時に水温も測定した。そして、3 回の測定から算出した透水係数をそれぞれ水温 15°C を基準として補正し、その平均を最終的な透水係数とした。

Table 1. Physical properties of sample

Sample	Soil particle density ρ_s (g/cm ³)	Maximum void ratio e_{max}	Minimum void ratio e_{min}	Particle size	
				D_{10} (mm)	D_{20} (mm)
Toyoura sand	2.631	0.98	0.61	0.11	0.12
Kasumigaura sand	2.755	0.94	0.61	0.25	0.31
Watarasegawa sand	2.659	1.10	0.71	0.45	0.50

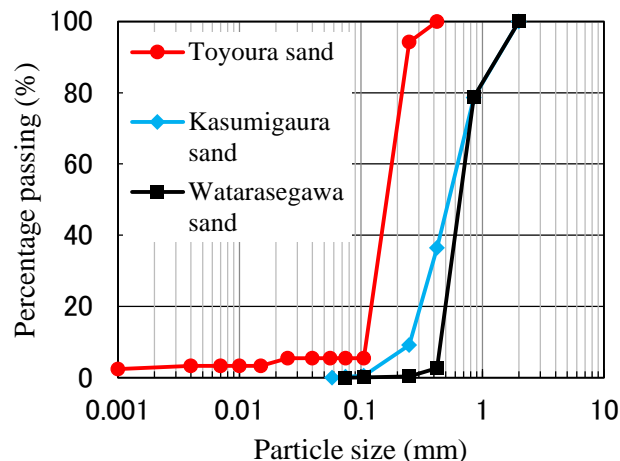


Figure 1. Particle size distribution curve of sample

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

3. 実験結果

Figure 4, 5 に本実験より得られた透水係数 - 間隙比関係と透水係数 - 相対密度関係を示す. また, 図中に宇野らにより行われた豊浦砂を用いた定水位透水試験結果⁵⁾を示し, それぞれの砂の実験結果の近似線を点線で, Hazen の式によって推定される豊浦砂の透水係数の値を破線で併せ示す.

Figure 4 より, 本実験で得られた豊浦砂の実験結果は, 宇野らの実験結果と同様の結果となり, 間隙比が大きくなるにつれて, 透水係数が大きくなる傾向を示していることが確認できる. また, Hazen の式によって推定される透水係数は, 本実験結果において最小間隙比付近の値となることが確認できる. 次に, 霞が浦砂と渡良瀬川砂の実験結果に着目する. 同図より, こちらも豊浦砂の場合と同様に間隙比が大きくなるにつれて, 透水係数が大きくなる傾向が見られた. しかし, 砂の種類によりその傾向に違いが見られる.

Figure 5 より本実験で得られた豊浦砂の実験結果は, 宇野らの実験結果と同様の結果となり, 砂の種類によらず, 相対密度が大きくなるにつれて透水係数が小さくなる傾向を示していることが確認できる. また, Hazen の式によって推定される豊浦砂の透水係数は, 本実験結果において相対密度 $D_r=100\%$ 付近の値となることが確認できる.

以上の結果より, 砂の種類や間隙比および相対密度が透水係数に影響を与えることが確認できた.

4. まとめ

本報告では, 定水位透水試験を行い, 砂の種類や相対密度が透水係数に及ぼす影響について検討を行った. 実験結果から, 砂の間隙比が大きくなる, または相対密度が小さくなると透水係数が大きくなる傾向が見られた. また, その傾向は砂の種類によって異なることが確認された.

【参考文献】

- 1) 梅原靖文 他: 排水効果を考慮した飽和砂の液状化強度, 港湾空港技術研究所報告, Vol.20, No.1, 1981.3.
- 2) Hazen, A.: Some physical properties of sand and gravels, with special reference to their use in filtration, 24th Ann. Rep., Mass. State Board of Health, 1893.
- 3) Creager, W.P. et al.: Soil tests and their utilization, Engineering for dams, Vol. III: Earth, Rock-fill, Steel and Timber Dams, John Wiley and Sons, pp.645-654, 1944.
- 4) 森田悠紀雄 他: 粒度分布と締め度合を考慮した概略透水係数推定式の提案, 第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1159-1160, 2004.
- 5) 宇野尚雄 他: 比表面積測定に基づく土粒子物性と透気性・透水性の考察, 土木学会論文集, No.469/III-23, pp.25-34, 1993.6.



Figure 2. Constant head permeability test

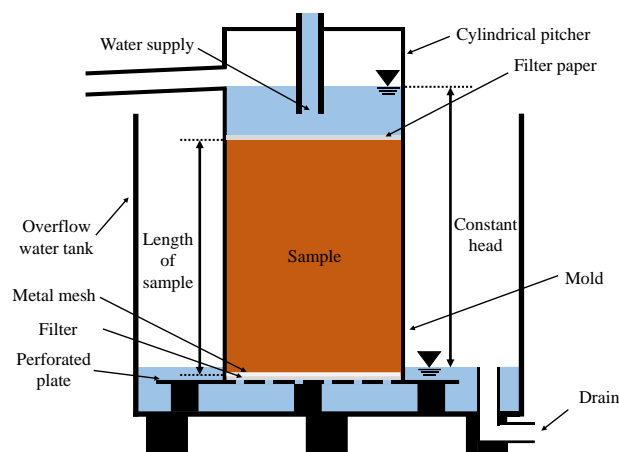


Figure 3. Pattern diagram of constant head permeability test

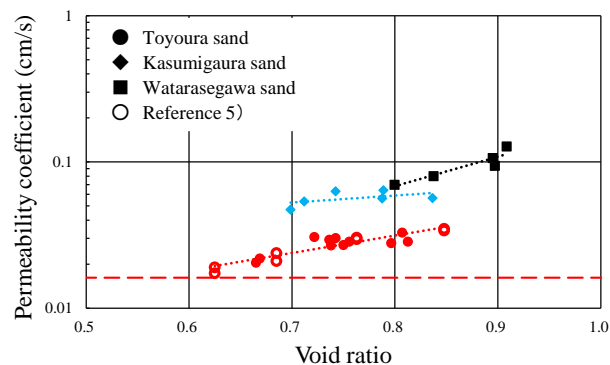


Figure 4. Relationship between coefficient of permeability and void ratio

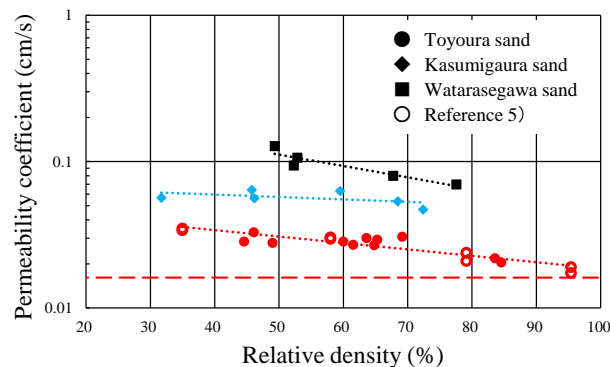


Figure 5. Relationship between coefficient of permeability and relative density