

III-A 270

高品質不攪乱砂礫試料の透水特性

東京ソイルリサーチ 正会員 ○竹原直人 川端和行
 竹中技術研究所 正会員 畑中宗憲 内田明彦

1. はじめに

地盤の透水係数は、各種原位置試験や室内試験により求められる他、地盤の粒度特性を用いて、クレーガーやヘーゼンの式により推定する方法が用いられている。しかし、室内試験により透水特性を求める場合、礫質土の不攪乱試料の採取が難しいため、データがほとんどない。このような背景から筆者らは地盤凍結法により採取した不攪乱試料を用いて、三軸タイプの透水試験機を用いて、砂および礫質土の透水特性を求めてきたが、^{1, 2, 3), 4)} 本報告では新たに、礫質土の鉛直方向の透水試験（6供試体）と水平方向の透水試験（4供試体）を実施し、透水係数に及ぼす①異方性、②拘束圧、③間隙比および④粒度特性の影響を調べた。

2. 試験試料と供試体作成法

試験試料は、原位置地盤凍結法⁵⁾により採取した4地点の不攪乱試料を用いた。地盤の鉛直方向（V-供試体）の透水係数は、円柱状供試体（直径15~30cm、高さ20~50cm）を用いた。地盤の水平方向（H-供試体）の透水係数は、円柱状供試体より縦、横、高さが各20cmの立方体供試体を整形して用いた⁴⁾。

表1 試験試料の物理特性

Sample name	TN1		TN2		KFU1		KFU2		KFU3	KT1	KP1	KP2
	V*	H	V*	H	V	H	V	H	V	V	V	V
Sample type	○	●	△	▲	□	■	▽	▼	◇	☆	◎	×
Symbols												
Gc(%)	0.8	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.1	6.6	3.2
Fc(%)	0.8	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.1	6.6	3.2
Uc	2.8	75.7	23.9	42.1	34.1	80.0	63.3	19.4	70.0	3.3	32.3	15.1
D5 0 (mm)	0.5	21.0	4.5	12.5	10.6	20.0	32.1	8.00	24.3	0.56	2.77	1.94
D2 0 (mm)	0.28	0.57	0.61	0.92	0.60	0.80	4.70	1.40	0.79	0.31	0.46	0.5
D1 0 (mm)	0.18	0.37	0.44	0.38	0.28	0.40	0.86	0.62	0.70	0.22	0.15	0.27
$\rho_d(g/cm^3)$	1.93	2.00	1.94	1.99	1.99	1.97	2.02	1.99	2.12	1.65	1.88	1.84
void ratio	0.42	0.38	0.42	0.38	0.37	0.38	0.34	0.36	0.28	0.59	0.40	0.42

*文献1)より引用

3. 試験装置と試験方法

透水試験は大型三軸タイプの透水試験機¹⁾を用い、制御された応力状態のもとで実施した。ペDESTALと供試体の間には、大きい透水係数に対応できる透水係数 $1 \times 10^{-1} cm/s$ のフィルター材を使用した。供試体は、 $0.3 kgf/cm^2$ の拘束圧で解凍した後、CO₂、脱気水および背圧 $1.0 \sim 2.0 kgf/cm^2$ で飽和度を高めた。試験拘束圧は、供試体の原位置有効上載圧 σ_v' と σ_v' の0.5倍と2倍とし、拘束圧の低い順から定水位状態で試験した。また、各拘束圧では、動水勾配 i を0.1から0.5まで順次あげて各々の透水係数を求めた。

4. 試験結果

図1はTNおよびKFUサイト供試体について、各拘束圧下におけるV-供試体の透水係数(kv)とH-供試体の透水係数(kh)を比較したものである。図より、いずれの拘束圧でも透水係数は、kvよりkhの方がやや大きく、平均値で見るとkhはkvより10~50%程度大きくなる。TN試料ではkh試料よりkv試料の間隙比の方が大きく透水係数の違いは間隙比の差だけでは説明できない。より微視的な検討が必要である。

図2は拘束圧の透水係数への影響を示したもので、 $i=0.3$ の場合の値である。拘束圧が大きくなると、kv、khはほとんどの試料でわずかながら小さくなる傾向があるが、これは、拘束圧により試料の密度も若干大きくなっていることが影響していると考えられる。

図3~8に示す透水係数の値は、拘束圧が有効上載圧 σ_v' に等しい時の $i=0.3$ の場合の値である。図3は e の影響を示したものである。データの分布が偏っているが、 e が大きくなるとkv、khは大きくなる傾向がある。図4~6はそれぞれ均等係数Uc、礫分含有率Gcおよび細粒分含有率Fcが透水係数に及ぼす影響を示したものである。ばらつきは大きい、Uc、Gc、Fcの各値が大きくなるとkv、khが小さくなる右下がりの傾向が見られる。図7の20%径および図8の10%径のいずれの場合とも、ばらつきが大きく透水係数との相関は良く

ない。図中実線に、CreagerやHazenの実験式を示しているが、試験結果のほとんどは、 D_{20} や D_{10} を用いて実験式より推定した透水係数より小さい値を示し、粒径が大きいくほど、実験式と実測値の差は大きい。

5. まとめ

高品質不攪乱砂礫試料を用いた大型三軸タイプの透水試験により、以下の結果が得られた。①水平方向の透水係数は鉛直方向の透水係数より大きい傾向があり、最大で約1.5倍である。②拘束圧が大きくなると、透水係数がわずかながら小さくなる。これは主として拘束圧の増大に伴う間隙比のわずかな減少のためと考えられる。③間隙比、均等係数、礫分含有率と細粒分含有率の四つの要因の中では、細粒分含有率と透水係数の相関が最も良く、 F_c が大きくなると透水係数は減少する。④ D_{20} あるいは D_{10} を用いてCreagerやHazenの式より推定される透水係数は、試験した砂礫試料の実測値をかなり過大評価している。

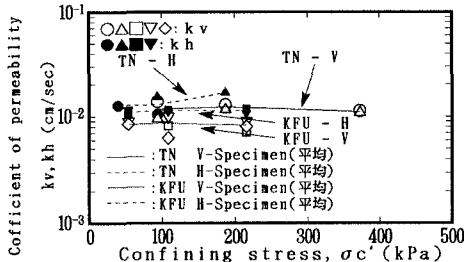


図1 地盤異方性の透水係数への影響

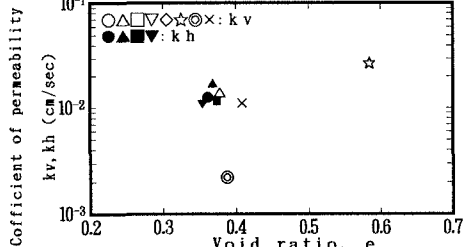


図3 間隙比の透水係数への影響

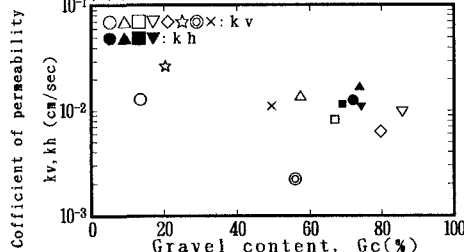


図5 礫分含有量の透水係数への影響

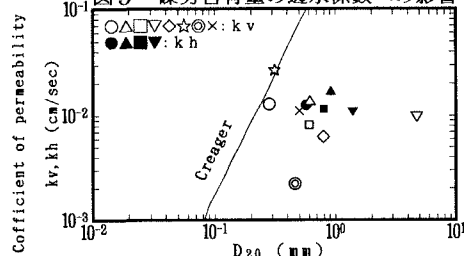


図7 20%径の透水係数への影響

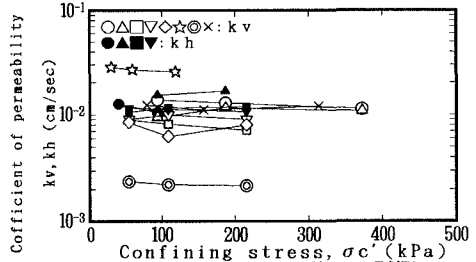


図2 拘束圧の透水係数への影響

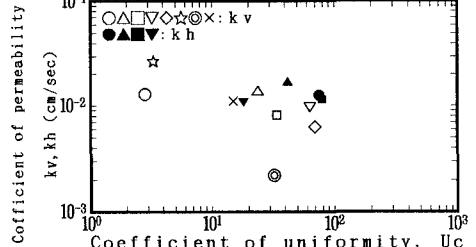


図4 均等係数の透水係数への影響

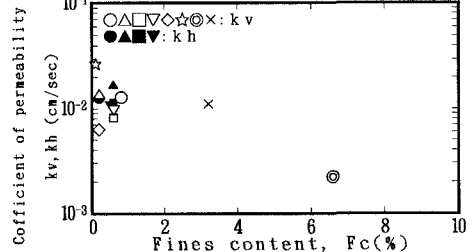


図6 細粒分含有量の透水係数への影響

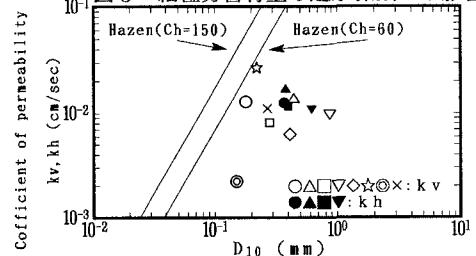


図8 10%径の透水係数への影響

参考文献

- 1) 畑中、内田、萩澤、川端(1995):「三軸タイプ大型透水試験機による砂礫試料の透水試験」,第50回土木学会学術講演会
- 2) 畑中、内田、竹原、鈴木(1995):「三軸タイプ透水試験機で測定した高品質不攪乱試料の透水特性(その1)異方性と拘束圧の影響」,第50回土木学会学術講演会
- 3) 畑中、内田、竹原、鈴木(1995):「三軸タイプ透水試験機で測定した高品質不攪乱試料の透水特性(その2)地盤の物理特性の影響」,第50回土木学会学術講演会
- 4) 竹原、川端、畑中、内田(1996):「高品質不攪乱砂礫試料の透水特性に及ぼす異方性の影響」,第31回地盤工学研究発表会
- 5) Hatanaka, M., Suzuki, Y., Kawasaki, T. and Endo, M. (1988): "Cyclic undrained shear properties of high quality undisturbed Tokyo gravel," S&F, Vol. 28, No. 4, pp. 57-68.