

実験地盤における異方透水性の値および実験地盤と実地盤における異方透水性の効果 Anisotropic Permeability of Soil and its Effects on Seepage Failure Stability

○柴田奈緒・田中 勉・久住慎也・井上一哉
Shibata Nao, Tanaka Tsutomu, Kusumi Shinya and Inoue Kazuya

1. 序論

地下水位の高い地点における地盤の締切り掘削では、水位差 H が大きくなると浸透破壊が問題となる。浸透破壊に対する地盤の安定性は、透水係数における水平方向 k_h と鉛直方向 k_v の比 k_h/k_v 、すなわち異方透水性の値に大きく影響される。本研究では、琵琶湖砂3(細砂)を用いて、三次元地盤の浸透破壊実験(Fig.1 参照)を行い、実験後、地盤から試料を採取し、透水試験を行って異方透水性の値を求めた。また、FEM 浸透流解析を行い、実地盤において異方透水性が流線網、過剰間隙水圧分布、地盤内有効応力分布に与える影響の検討を行った。

2. 三次元浸透破壊実験

(1) 試料の採取と透水係数の補正 条件を変えた20種類の三次元浸透破壊実験 E0301~E0320 について、実験後、100ml 及び 1000ml モールドにより試料を採取し、それぞれ変水位及び定水位透水試験を行った。Fig.2 に試料の採取地点と方向(x, y, z)を示す。水平方向については、 x, y 方向に採取した試料を別のものと考えた。

ここで、1000ml モールドを用いた定水位透水試験については、試験装置の仕様上、上流側の越流水槽と透水容器をつなぐチューブが長く、内径が小さいために、円管内での損失水頭を無視できないと考えた。そこで、透水係数について、Hagen-Poiseuille の式及び透水容器試験による補正值を求めた。透水容器試験による補正の方が実際の損失水頭をより正確に考慮していると判断したため、定水位透水試験結果の考察では、透水容器試験を行って補正した値を用いた。

(2) 異方透水性の値に関する統計的考察 各透水試験によって得られた異方透水性の値 k_x/k_z 及び k_y/k_z を、それぞれ正規分布に従うものとみなし、 F 分布検定を行って、統計量が同一の母集団に属するか否かを検討した。等分散の検定及び2組の母平均の差の検定¹⁾を行ったところ、有意水準 $\alpha=0.05$ として、 k_x/k_z と k_y/k_z の母分散、母平均に差なしといえた。したがって、100ml モールド変水位透水試験及び 1000ml モールド定水位透水試験の試験結果のそれぞれについて、 k_x/k_z 及び k_y/k_z をまとめて k_h/k_v として扱うこととした。次に、変水位及び定水位透水試験から得られた k_h/k_v の値について同様に F 分布検定を行ったところ、有意水準 $\alpha=0.05$ (または0.01)として、母分散が等しいとはいえなかったため、それぞれの k_h/k_v を別のものとして取り扱うこととした。実験 E0301~E0320 における各異方透水性の値を Fig.3 に示す³⁾⁴⁾。100ml 及び 1000ml モールドから得られた試料の異方透水性の値 k_h/k_v は、すべてほぼ 1.2 の付

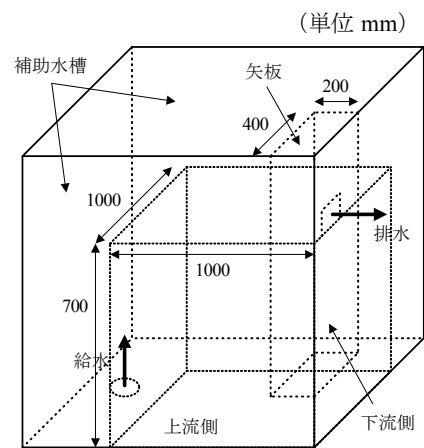


Fig.1 三次元浸透破壊実験装置

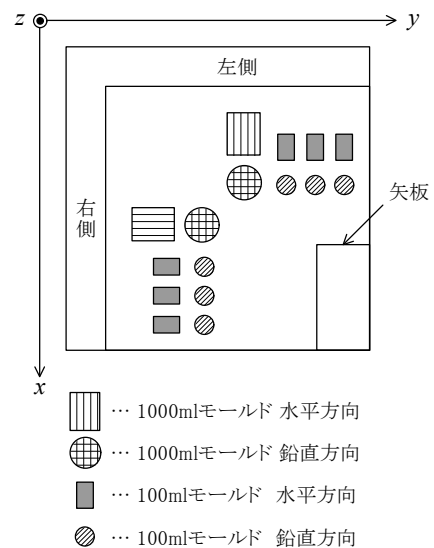


Fig.2 試料の採取地点と方向

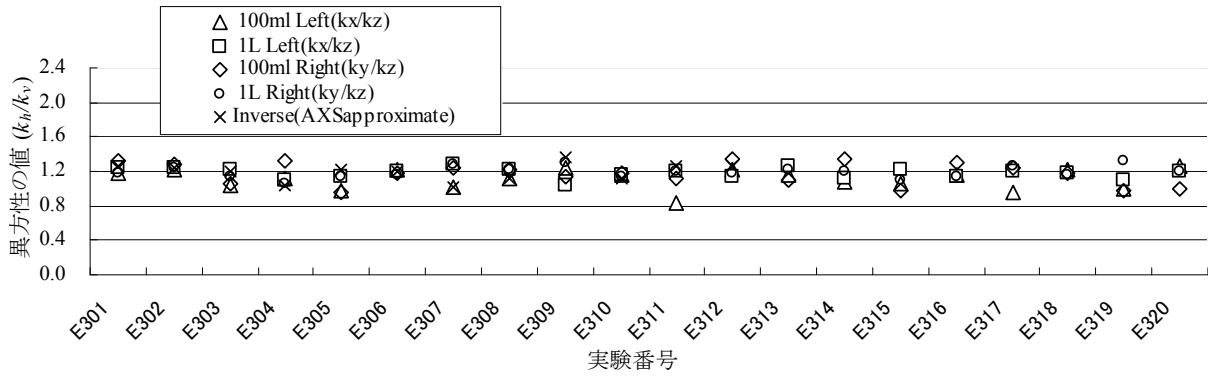


Fig.3 三次元浸透破壊実験地盤における異方透水性の値

近にあり、その平均値は、それぞれ 1.14 及び 1.18 であった。

3. 実地盤における異方透水性の影響

FEM 浸透流解析により、各 k_h/k_v 値における二次元流について、流線網、過剰間隙水圧分布、内部有効応力分布を描き、実地盤における異方透水性の影響を検討した。ここでは、 k_v を固定して k_h を順次変化させていったときの解析を行った。Figs.4, 5 には、 $k_h/k_v=1.0$ 及び 16.0 の場合の流線網を示す。これらの図で、等ポテンシャル線は地盤にかかる水頭差を 10 等分したものを示し、流線は各流線間を流れる流量が等しくなるように描いている。Figs.4, 5 から、流線網について、特に矢板下端より低い位置の地盤で、 k_h/k_v の増加に伴い、流線の本数の増加、等ポテンシャル線の間隔の拡大、流線の間隔の減少が確認された。これらのことから、流量が増大していることがわかる。また、矢板から離れた遠方まで間隙水圧が大きくなり(間隙水圧の影響が遠くまで及び)、それに伴い地盤内の有効応力は減少する(Fig.6 参照)。

4. 結論

三次元浸透破壊実験地盤における採取試料の異方透水性の値に関する統計的考察、実地盤における異方透水性の効果に関する検討を行い次の結論を得た。

- (1) 三次元浸透破壊実験について、100ml 及び 1000ml モールドにより得られた試料の k_x/k_z 及び k_y/k_z は同一の母集団に属し、まとめて k_h/k_v として扱える。また、それぞれの k_h/k_v の平均値は 1.14 及び 1.18 である。
- (2) 異方透水性の値が増すと、流量が増大し、土塊の浸透破壊に対する安定性が低下し、間隙水圧の影響が広い範囲に及ぶ。

参考文献

- 1) 岸根卓郎(1975): 理論応用統計学, pp403~408 養賢堂.
- 2) 田中 勉・榛葉美友・橋本和樹・井上一哉(2010): 地盤の浸透破壊に対する異方透水性の影響, 平成 22 年度農業農村工学会 第 67 回京都支部講演会講演要旨集, pp.2-7 - 2-8.
- 3) 田中 勉・長沼 瞳・榛葉美友・久住慎也・井上一哉(2011): 三次元浸透破壊実験地盤の異方透水性の値, 平成 23 年度農業農村工学会 第 68 回京都支部講演会講演要旨集, pp.3-5 - 3-6.

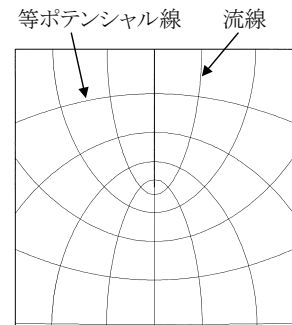


Fig.4 流線網 ($k_h/k_v=1.0$)

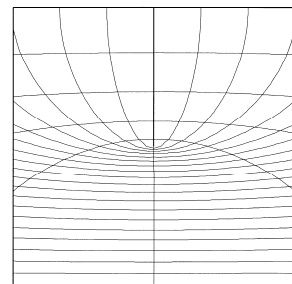


Fig.5 流線網 ($k_h/k_v=16.0$)

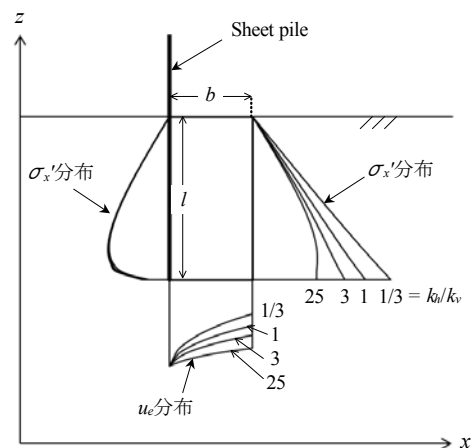


Fig.6 各 k_h/k_v 値における有効応力