

定水位透水試験による地下構造物と地盤の境界面における透水性の検討

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 ○佐藤 真理
 東京大学生産技術研究所 正会員 桑野 玲子

1. はじめに

近年土中の地下構造物周辺にゆるみや空洞が発生する例が報告されている。こうした空洞やゆるみは構造物と地盤の接触面において、地下水位の変化や降雨により水みちが形成されることで発生している可能性がある。また形成された空洞やゆるみは浅部に進展し陥没を引き起こす危険性を伴うため対策が急がれている。本研究では地盤と構造物の接触面に着目し、接触面を模擬した円筒を透水試験モールド内に設置して透水試験を行うことで円筒の材質や地盤条件が透水性にどのような影響をもたらすかを調べた。

2. 実験装置と実験条件

実験装置は定水位透水試験装置（図1参照）を用いた。透水モールドに水を流入し、透水モールドと越流水槽をそれぞれ一定の水位に保った上で一定時間における透水量を計測して透水係数を算出した。実験条件としては密度や地盤材料、円筒の有無や径、材質を変化させた。供試体は円筒を透水モールド底部中央に図2のように設置し、空中落下法で円環状の供試体を作成したのちに地盤を飽和させることで作成した。試験終了後一度越流水槽から透水モールドを取り出し、円筒を横方向に揺らして円筒周囲の地盤を乱したのちに再び水浸させて透水量を測定した。以後このような揺り動かしを実施したものについては5cm径アクリル shake 等と表現する。透水モールドは直径10cm・高さ12.7cmであり、フィルター材として姫礫を使用した。地盤材料は豊浦砂($D_{50}=0.16\text{mm}$)・五号ケイ砂($D_{50}=0.45\text{mm}$)の二種類を用いた。豊浦砂については相対密度80%程度の比較的密な状態と40%程度のゆる詰め状態で、五号ケイ砂については相対密度70%程度で実験を行った。なお相対密度は供試体作成前後で透水モールドの重量を測ることで算出した。円筒については、直径5cmのアクリル円筒、金属円柱、ビニールテープによって一定間隔の凹凸をつけたアクリル円筒（以後凹凸アクリルと表記）、直径7cmのアクリル円筒の4種類を使用した。凹凸を付けたアクリル円筒の画像を図3に、実験条件をまとめたものを表1に示す。計測された透水係数は水温15度の場合として補正した。

表1 実験条件

地盤材料	円筒の種類	相対密度 (%)	揺り動かしの有無
豊浦砂	なし	85	無
豊浦砂	なし	39	無
豊浦砂	5cm 径アクリル	81	無
豊浦砂	5cm 径アクリル	47	無
豊浦砂	5cm 径アクリル	81	有
豊浦砂	5cm 径アクリル	47	有
豊浦砂	5cm 径凹凸アクリル	80	無
豊浦砂	5cm 径凹凸アクリル	36	無
豊浦砂	5cm 径凹凸アクリル	36	有
豊浦砂	5cm 径金属円柱	79	無
豊浦砂	5cm 径金属円柱	38	無
豊浦砂	5cm 径金属円柱	79	有
豊浦砂	5cm 径金属円柱	38	有
豊浦砂	7cm 径アクリル	77	無
豊浦砂	7cm 径アクリル	34	無
5号ケイ砂	なし	72	無
5号ケイ砂	5cm 径アクリル	74	無
5号ケイ砂	5cm 径アクリル	74	有
5号ケイ砂	5cm 径金属円柱	72	無
5号ケイ砂	5cm 径金属円柱	72	無

（左から順に図1. 透水試験装置画像、
 図2. 供試体作成の様子、
 図3. 5cm径凹凸アクリル画像）



キーワード 水みち, 地下構造物, ゆるみ, 空洞, 透水試験

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 Bw304 東京大学生産技術研究所 TEL03-5452-6845

3. 実験結果

豊浦砂における結果を図4に、五号ケイ砂における結果を図5に示す。豊浦砂において、比較的密な状態では7cm径アクリルを除けば円筒の材質による透水係数の変化はほとんど見られず、円筒を入れていない状態より透水係数はむしろ低下する傾向が得られた。一方ゆる詰め状態においては円筒材質による透水係数の違いが大きく、5cm径凹凸アクリルにおいて最も透水係数が大きくなる結果が得られたが、5cm径アクリルにおいては密な状態の時と同様に透水係数が円筒を入れない時よりも低下する傾向がみられた。どのような条件でも円筒を揺り動かすことで透水係数が低下した。

五号ケイ砂においては円筒を入れたものの方が凹凸の有無に関わらず透水性が円筒を入れていないものよりも上昇した。特に5cm径凹凸アクリルでは透水性が顕著に増大した。揺り動かすと5cm径アクリルでは豊浦砂と同様透水性が下がったが、5cm径凹凸アクリルでは殆ど変化しなかった。

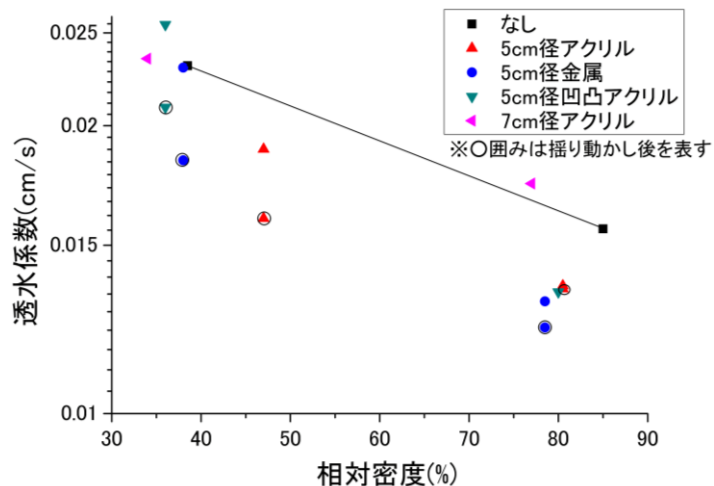


図4 豊浦砂透水係数

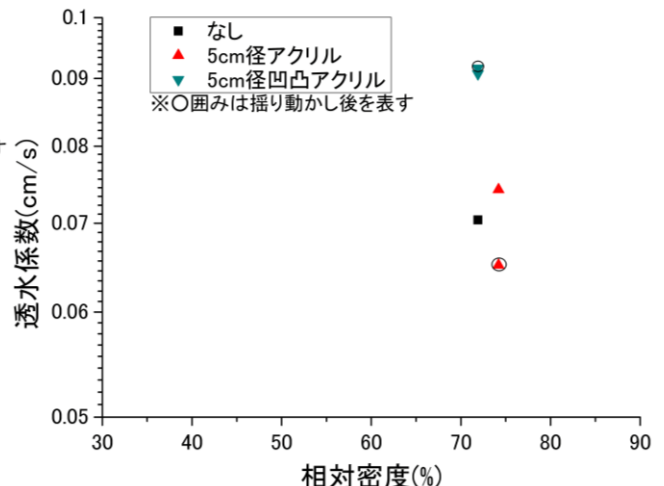


図5 五号ケイ砂透水係数

4. 考察

透水係数はテイラーの式より $e^3/(1+e)$ に比例することが知られており、低密度であるほど透水係数が高くなる。しかしながら金属と凹凸アクリルにおいてはそれ以上の明らかな差が生じており、ゆる詰めの場合において透水係数が高くなる結果が得られた。これは密度が小さい条件下で比較的凹凸がある境界面が存在する場合、境界面で隙間が大きいため水みちが形成され水が流れやすくなる可能性を示唆している。五号ケイ砂においてはもともと透水性が高いため低密度の豊浦砂と同様の挙動を示したと考えられる。なお嘉門ら(2005)は粘土地盤の場合境界面付近での漏水は抑制され、透水性は変化しないことを明らかにしており、このことから粘土と砂地盤では境界層において異なる挙動を示した可能性がある。¹⁾

揺り動かした場合透水係数が減少することについては、揺り動かすことで境界付近の乱れよりもむしろ全体的に密度増加起きていることが考えられる。実際試験終了後供試体高さが3mm~5mmほど低下していた場合が多くみられ、密度が10%~20%上昇した可能性がある。円筒を入れた条件の一部で円筒がない時よりも透水性が低下する要因は現時点では断定できていないが、密度が高いことや表面が滑らかなことにより砂粒子と境界面の隙間が小さいために水みちが形成されていないことや、円筒による圧力損失を受けていることが考えられる。

5. 結論・まとめ

本研究はまだ実施途中であるが、これまでの成果として透水性が高く境界面に凹凸があるという一定の条件下で水みちが形成されやすい可能性が示唆された。今後は異なる地盤材料や実験条件での試験を行うことで今回得られた知見を確認し、より詳細な現象についての解明を目指している。

参考文献

- 1) 嘉門雅史, 勝見武, 乾 徹, 濱田悟, 「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.54, No.11, pp.1100-1104, Nov.2005