

土中空気の溶解現象による不飽和砂地盤の飽和度経時変化に関する実験的研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○笠谷 亮太
愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

地盤の液化強度は飽和度が低下すると著しく増加することが知られており¹⁾、近年では低コストで実用的な液化対策工法として空気注入不飽和化工法の研究が進められているが、不飽和状態の持続性に関する研究は少ない。そこで、本研究では

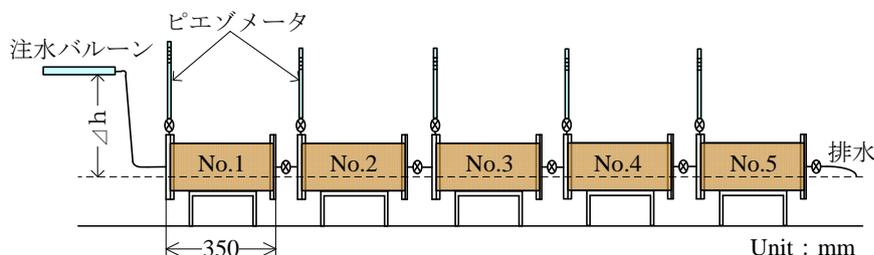


図1 分割型透水試験装置

不飽和砂地盤が地下水の浸透を受け、土中の空気が地下水へ溶解することによって生じる飽和度経時変化を再現するために、分割型透水試験装置を製作した。図1に示すこの装置は、独立した5個の円筒型供試体（長さ350mm）をチューブで連結一体化とすることで、一次元浸透を受ける長さ1.75mの土柱の飽和度変化を模擬するものである。本研究では動水勾配を3通りに変化させ、脱気水の通水実験を行った。

2. 実験方法

実験には豊浦砂を用い、相対密度90%、通水前の初期飽和度を約93%に調整した5つの供試（φ10cm、長さ35cm）を作製、連結し、この状態で2日程度放置して土中空気の溶解による各供試体の飽和度

表1 試験条件

実験ケース	試料	注入水	相対密度 Dr(%)	初期飽和度 (%)	動水勾配
case1	豊浦砂	脱気水	90%	92~94%	0.66
case2					0.43
case3					0.12

変化がなくなったことを確認後、注水バルーンを接続して通水を行った。通水した水は-100kPaの負圧で12時間以上脱気したものであり、注水バルーンや供試体接続チューブには空気透過度が非常に低い材質のものを使用し、外部からの空気が溶解することのない構造となっている。飽和度の計測は各供試験体の質量変化を計測することによって行った。また、各供試体にはピエゾメーターを設置し、注水による各供試体内の透水性の変化を調べた。実験条件を表1に示す。

3. 実験結果

各供試体の相対密度と通水直前の飽和度を表2に示す。図2は各ケースにおける供試体累積流出水量（通水量）ごとの飽和度経時変化である。ケース3については計測を継続中であるため、測定結果が出ている範囲のみを示す。ケース1ではまず注水上流側の供試体 No.1 の

表2 供試体初期条件

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
case1	相対密度 (%)	90.0	89.9	90.1	90.0	90.0
	初期飽和度 (%)	93.2	92.6	92.7	93.5	92.6
case2	相対密度 (%)	90.0	89.9	90.1	90.0	90.0
	初期飽和度 (%)	93.9	93.5	93.0	93.4	93.2
case3	相対密度 (%)	89.9	89.9	90.1	90.0	89.9
	初期飽和度 (%)	94.0	93.8	93.3	93.6	93.2

飽和度が上昇を始め、約10時間後に飽和度が100%に達し、その直後から供試体 No.2 の飽和度が上昇し始めた。このように飽和度上昇は上流側から段階的に進んだ。この傾向は動水勾配の異なるケース2、3でも同様に見られた。また、供試体全体が飽和に要するまでの時間は、動水勾配が大きくなるにつれて短くなった。

図3に累積流出水量と飽和度の関係を示す。ケース1では各供試体の飽和には約11ℓの水を要した。ケース2では、約10ℓ、ケース3では約7ℓと動水勾配が大きくなるにつれて、飽和に要する水量が減少した。30時間通水したケース1では全供試体を飽和するのに要した水の体積は供試体体積の約4倍であった。これは、乾燥した豊浦砂の三軸試験供試体を飽和するのに、供試体体積の数倍の脱気水を通水する必要があるという経験的事実と整合的な結果である。

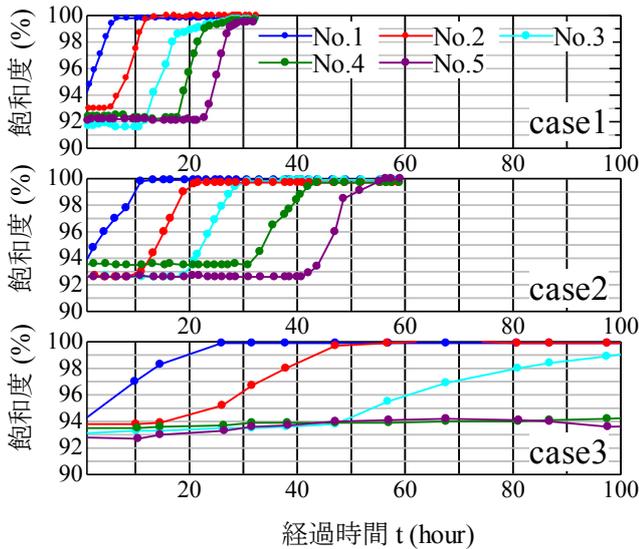


図2 飽和度経時変化

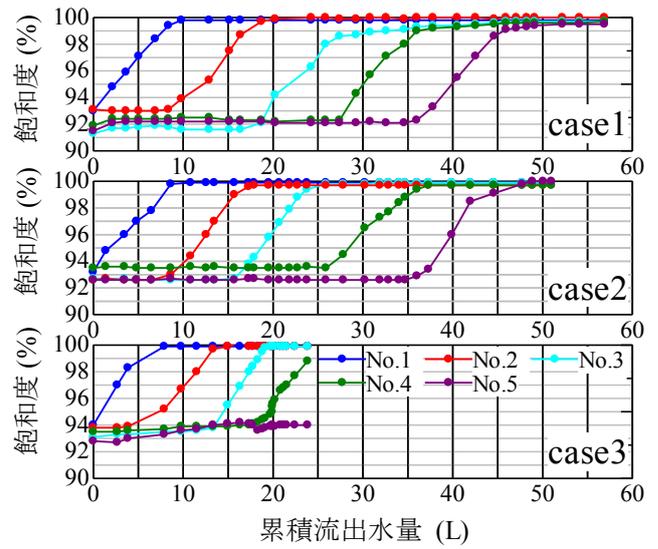


図3 飽和度－累積流出水量の関係

図4にケース2での各供試体の透水係数の経過時間変化を示す。透水係数の変化傾向は飽和度と同様に上流側の供試体から段階的に上昇し、供試体全体が飽和に近づくにつれ各供試体の透水係数の違いが小さくなった。

図5に各ケースでの平均流速と排水された水の平均溶解度の関係を示す。ここで溶解度とは、No.5 供試体から排水された水で測定した溶存酸素量の飽和溶存酸素量 (9.56mg/L at 16°C) に対する比である。注入水の溶解度は、ほぼゼロであるので、不飽和土中を通過し土中空氣が溶解したために溶解度が増加した。図5の溶解度は流速が速くなるにつれて減少している。これは動水勾配を大きくすることで供試体内での滞留時間が短くなるためであると考えられる。沖積平野部のように動水勾配がきわめて小さい場合、溶解度はさらに大きくなることを考えられる。

4. まとめ

- (1) 分割型透水試験装置による不飽和化地盤内の飽和度経時変化の観測は可能である。
- (2) 不飽和化地盤内の飽和度、透水係数経時変化は上流側から段階的に進む。
- (3) 浸透流速が上昇するに伴い、供試体飽和に要する時間は短くなるが、飽和に要する水量は多くなる。
- (4) 溶解度は流速によって減少する。今回の実験ケースで水に溶解した空気量は、飽和溶解量の半分にも満たなかった。しかしながら沖積平野部のように流速や動水勾配がきわめて小さな場合には、溶解度は高くなることが想定される。

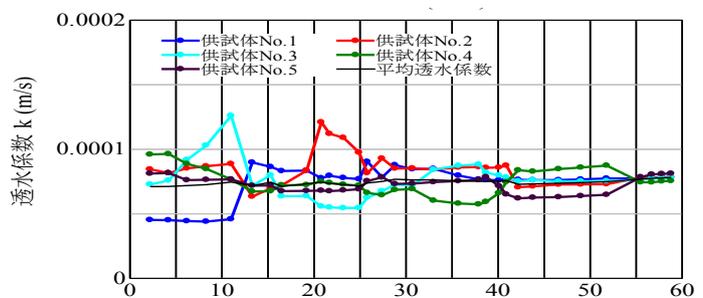


図4 ケース2 透水係数経時変化

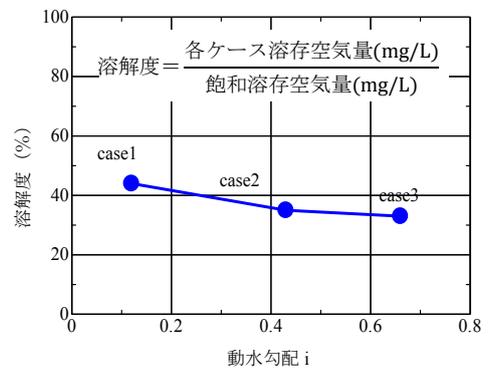


図5 溶解度－動水勾配の関係

参考文献 1)岡村未対：地盤の不飽和化による安価な液状化対策工法の開発に向けた基礎的研究，平成19年度首都圏プロジェクト成果報告シンポジウム 2)西垣誠，小松満：地盤の不飽和化による液状化防止工法に関する研究 土木学会第58回年次学術講演会 平成15年9月