

愛媛大学大学院

学生会員

○森田 薫

愛媛大学大学院

正会員

岡村 未対

愛媛大学大学院

学生会員

五十嵐 ひろ子

1. はじめに 飽和度が低下すると土の液状化強度が増加すること¹⁾を利用し、地盤に空気を注入し不飽和化させる新しい工法²⁾が研究されている。地盤に空気を注入することで、割裂破壊や地表面の盛り上がりといった地盤の変状が懸念される。本研究では、遠心模型実験装置を用いて空気注入実験を行い、空気注入前後でのコーンの貫入抵抗の変化からゆるみ領域の特定と、ゆるみの発生条件を調べた。

2. 実験方法 実験には図1に示す保水性を有する豊浦砂を用いた。幅43cm、奥行き12cmの模型土槽底部中心に空気注入口を設置し、土槽内に乾燥した試料を空中落下させて相対密度約80%、層厚約11.5cmの水平地盤を作製した。その後、水またはフェノールフタレイン溶液により着色した水で飽和した。空気注入口の奥行きは土槽の奥行きと同じで、2次元状態の実験とした。また地表面近くに小型水圧計を設置し、空気注入時の水位変化を測定した。図2に実験システムを示す。この模型地盤を遠心装置に搭載し、10g または 40g の遠心加速度場にて空気注入口から地盤に空気を注入した。空気注入の前後に地盤の複数地点においてコーン貫入試験を行った。使用したコーンは直径0.8cm、長さ16cmの小型コーンでありコーンに貼付したひずみゲージから貫入抵抗を求めた。

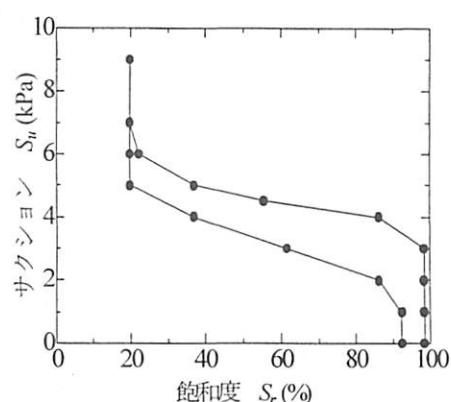


図1 水分特性曲線(豊浦砂)

表1 実験条件

実験 ケース	遠心 加速度	注入空気圧 (kPa)	注入時間 (sec)
ケース1-1	40	23	15
ケース1-2	40	41	60
ケース2-1	10	28	30
ケース2-2	10	22	30
ケース3-1	10	42	30
ケース3-2	10	88	30

実験条件を表1に示す。ケース1-1の実験終了後に同じ模型地盤を用いてケース1-2の実験を行った。ケース2、3も同様であり、全ての実験ケースで同じ模型地盤に2回ずつ空気注入を行った。実験ケースによって注入空気圧、注入時間、遠心加速度を変化させ、水で飽和した地盤には空気を、フェノールフタレイン溶液により着色した水で飽和した地盤には二酸化炭素を注入した。これは、二酸化炭素を注入すると炭酸が生じてpHが低下し、フェノールフタレイン溶液が赤色から透明に変化することを利用し、地盤の不飽和化される領域を可視化するためである。この不飽和化範囲をCCDカメラによって確認しながら、その領域内でコーン貫入試験を行った。注入空気圧は空気侵入圧よりも大きく、有効応力よりも小さい値の範囲内で変化させた。ただし、ここでの注入空気圧とは実験で与えた注入圧力から注入口深度での静水圧を引いたものである。

3. 実験結果 図3に空気注入実験で測定した注入空気圧、流量の経時変化の一例を示す。注入空気圧がおよそ豊浦砂の空気侵入値となった時点から地盤内に空気が侵入し流量も増加し、その後流量が一定となっている時間(40~60秒の間)に圧力がやや低下した。空気注入中の写真を図4に示す。空気注入口の周辺で色の変化が見られ、空気注入により地盤が脱色されていることがわかる。

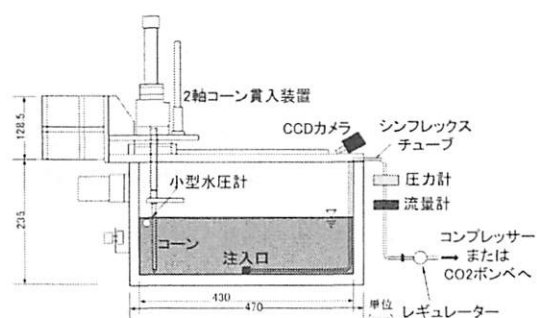


図2 実験システム

図5にコーン貫入試験の結果を示す。図の横軸は貫入抵抗を空気注入前の貫入抵抗の平均値で除した貫入抵抗比である。ケース1-1では空気を15秒間注入し、その後ケース1-2で60秒間注入したが、いずれのケースでもコーンの貫入抵抗比はほぼ1であり、注入時間は地盤のゆるみに影響しないことがわかる。また遠心加速度が10gのケース2-1でも地盤のゆるみは生じなかった。これに対して、ケース3-1、3-2では空気注入後に貫入抵抗比の低下が見られた。ケース3-2では貫入深さ約30cm以浅で抵抗比の減少が見られ、深さ25cmでは抵抗比が約0.75に、深さ10cmでは抵抗比が約0.5にまで低下しており、地盤の浅部でゆるみが発生していることがわかる。

図6は注入口深度での有効土被り圧に対する注入空気圧を示している。ケース1-1、1-2、2-1、2-2では地盤のゆるみは発生せず、ケース3-1、3-2では地盤のゆるみが発生しており、注入口深度での有効土被り圧に対して約40%以上の注入空気圧を与えると、地盤にゆるみが発生することがわかる。

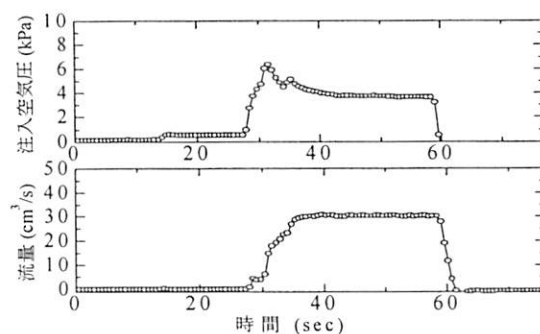


図3 注入空気圧と流量の時刻歴図の一例(ケース3-1)

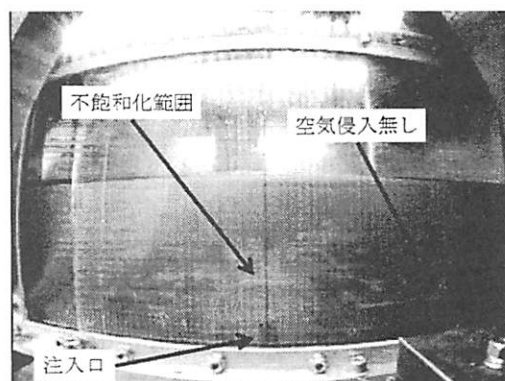


図4 空気注入中の写真(ケース3-2)

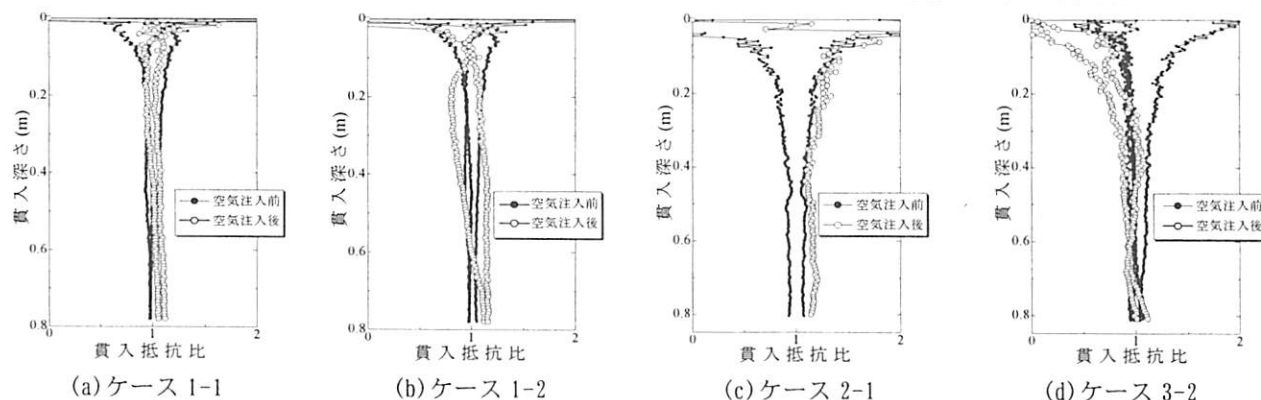


図5 コーン貫入抵抗比

4. まとめ 本研究では遠心模型実験装置を用いて空気注入を行い、空気注入による地盤の強度低下をコーン貫入試験により測定した。その結果、注入口深度での有効応力に対し約40%以上の注入空気圧を与えると、地盤にゆるみが発生することがわかった。

参考文献

- 1) Yoshimi Y, Tanaka K, Tokimatu K: Liquefaction Resistance of A Partially Saturated Sand, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 29, No. 3, pp. 157-162, 1989
- 2) 岡村未対: 空気注入による安価な液状化対策工法、土と基礎、Vol. 54, No. 7, pp. 28-30, 2006
- 3) 緒方宏行: 飽和地盤中に対する空気注入時の空気挙動に関する実験的研究、土木学会四国支部平成18年度自然防災フォーラム論文集、pp89-92, 2006

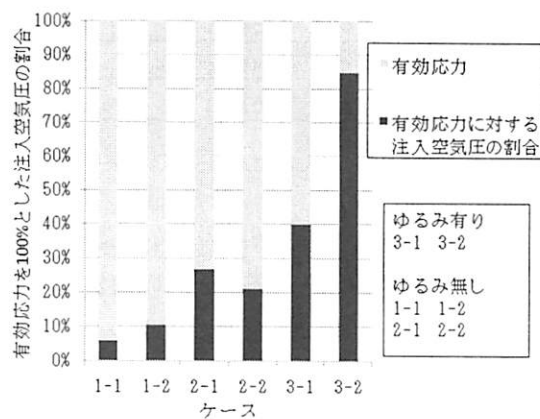


図6 有効応力に対する注入空気圧の割合