

遠心力場における飽和砂地盤への空気注入実験

愛媛大学大学院 学生会員 ○五十嵐 ひろ子
愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対
愛媛大学 非会員 石丸 恭平

1.はじめに

土の液状化強度は、飽和度が低下すると著しく増すことが知られており、地盤を不飽和化することができれば有効な液状化対策となり得る。地盤を不飽和化させる方法の一つとして、地盤内に空気を注入することが挙げられる。これは極めて低コストかつ既設構造物直下へ適用できる可能性があるものとして考えられる²⁾。そこで本研究では、小型模型実験ながら実地盤と同等の応力状態を模型内に再現できる遠心模型実験装置を用いて飽和地盤へ空気注入実験を行い、地盤内の空気の拡散範囲と飽和度を調べた。

2.実験方法

実験に用いた試料は豊浦砂と、8号硅砂にファインサンド(硅砂を粉砕した非塑性シルト)を重量比2:1に混合したもの(以下混合砂と称する)である。これらの水分特性曲線を図1に示す。混合砂は豊浦砂と比べて透水係数が50倍程度小さく、また空気侵入値は大きい。模型地盤には幅31cm、奥行き12cmの土槽内に次のように作製した。豊浦砂地盤は層厚2cmとなる量の試料を水中落下させた後に突き固め、これを所定の地盤の高さになるまで繰り返し、相対密度86.1%の地盤を作製した。混合砂の場合は、細粒分が分離してしまう可能性があるため、水を加えてスラリー化した試料を水中落下させた後、30gの遠心加速度場にて約25kPaの上載圧となる重りを表面に載せて圧密し、地盤を作製した。

実験は、愛媛大学の遠心模型実験装置を用いて行った。図2に示す模型土槽を遠心模型装置に搭載し、地盤中央位置において、それぞれ、30gまたは70gの遠心加速度を付与し、模型地盤中央底部に設置した空気注入口より空気を注入した。空気注入口の奥行きは土槽の奥行きと同じである。模型地盤の土槽背面には局所的に飽和度を計測することが可能なTDR 土壌水分計(A, B)を2深度に設置した。CCDカメラを土槽側面と上面に設置し、空気注入中の地盤側面、及び地盤表面の様子を確認した。

側面のカメラでは飽和度によって砂の色が変化するために不飽和領域の大きさと形状を、また上面のカメラでは地表からの気泡の噴出状況を観察した。実験は段階的に注入圧力を大きくして空気注入を行った。本研究では各試料と遠心加速度を変え、表1に示す4ケースの実験を行った。

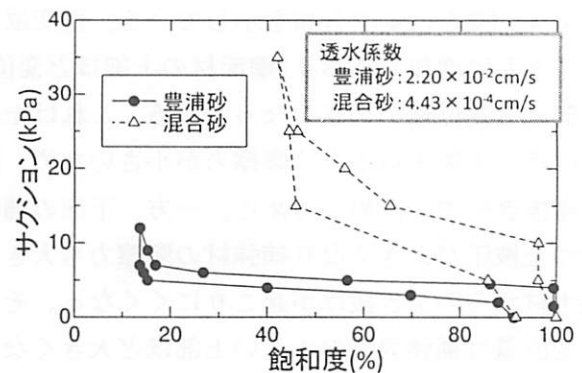


図1 豊浦砂、混合砂の水分特性曲線

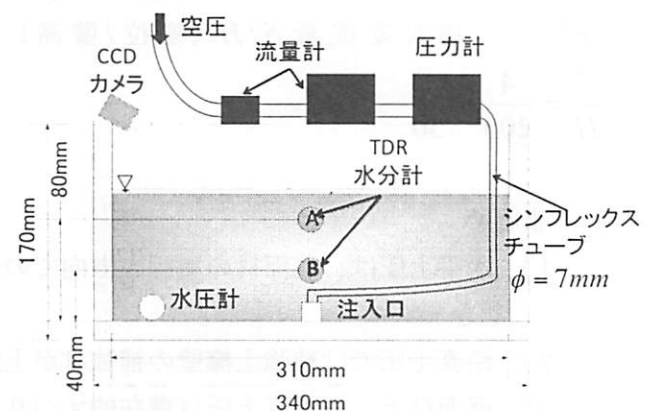


図2 模型土槽の概略図

表1 実験概要

実験ケース	試料	遠心加速度	地盤高さ (cm)	間隙率
ケース1	豊浦砂	70g	11.1	0.397
ケース2		30g		
ケース3	混合砂	70g	10.0	0.360
ケース4		30g		

3.実験結果

空気注入実験における注入圧力、流量、TDR 水分計の経時変化の一例を図 3 に示す。空気の注入を開始し、段階的に圧力を上げていくと、ある圧力に達すると、地盤内に空気が侵入した。ここで、地盤内に空気が侵入し、圧力の増加とともに空気流量も増加した。

図 4 は各段階の空気流量と注入空気圧の関係である。ここで注入空気圧は付与した空気圧力から注入口の深度での静水压を引いたものである。豊浦砂地盤では約 2kPa、混合砂地盤では約 6kPa となった時点で空気が入り始め、これらの圧力は試料の空気侵入圧より少し小さいがほぼ一致している。流量は圧力の増加とともに概ね直線的に増加している。この傾きは豊浦砂のケースが混合砂のケースの約 10 倍大きくなっている。透水係数の差ほどではないが、透水係数がより大きい豊浦砂のケースの方が圧力の増加とともに増加する流量が多くなった。遠心加速度の違いによる流量の差は明確ではない。

図 5 は各段階の TDR 水分計 A で計測した飽和度と注入空気圧の関係図である。注入空気圧が大きくなると、飽和度が低下し、また、遠心加速度の差はほとんど見られない。このことより、地盤への空気注入により不飽和化された領域の飽和度は注入空気圧に強く依存するが遠心加速度の影響は大きくないものと言える。

図 6 は不飽和化領域の幅と注入空気圧の関係である。ここで不飽和領域の幅とは、空気注入中に上面のカメラで観察した気泡噴出領域の幅である。これより、空気の拡がる範囲も、注入空気圧が大きくなると拡がると言える。

4.まとめ

本研究では遠心力場において飽和地盤に空気を注入した。遠心力場においても注入空気圧が大きくなると飽和度が低下した。また、飽和度は遠心加速度の大きさには依存せず、注入空気圧により決まることがわかった。空気拡散範囲は注入空気圧を大きくすると、広くなることがわかった。

参考文献

- 1) Yoshiaki Yoshimi, Keizo Tanaka and Kohji Tokimatsu :
Liquefaction Resistance of A Partially Saturated Sand,
SOIL 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

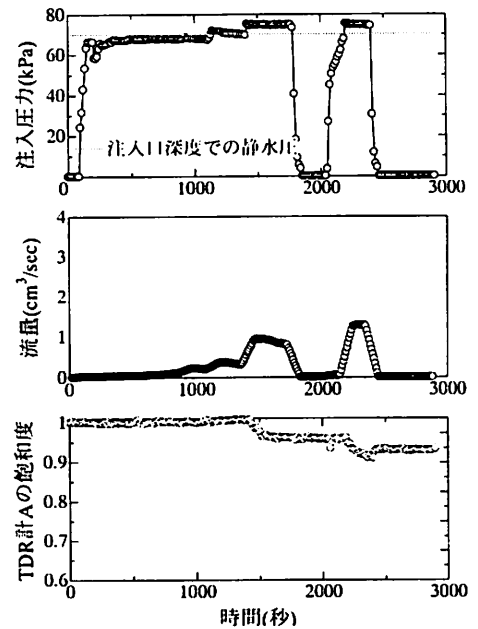


図 3 注入圧力による経時変化(豊浦砂, 70g)

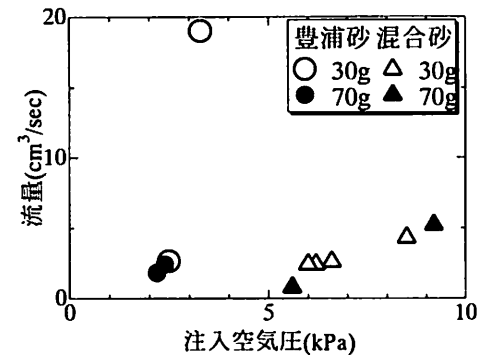


図 4 流量と注入空気圧の関係

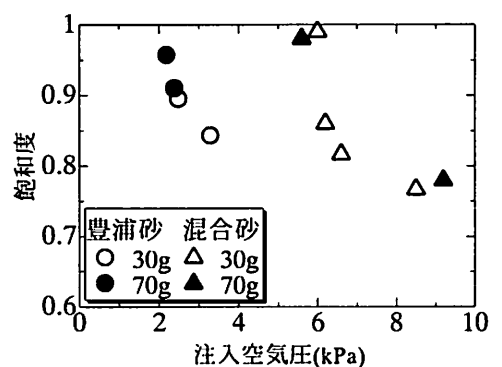


図 5 飽和度と注入空気圧の関係

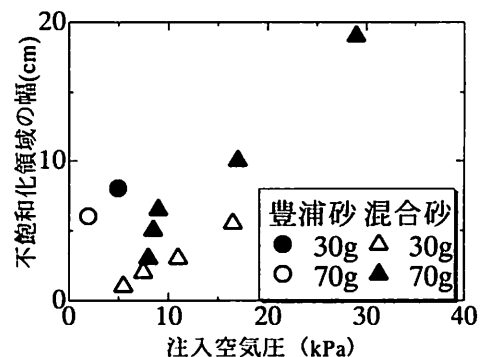


図 6 不飽和化領域の幅と注入空気圧の関係