

(III-24) 浸透圧と非排水粘土層の強度の関係から見た液状化時の噴砂現象について

千葉工業大学 学生会員 小野 康誠 益田 一樹

千葉工業大学 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉 清水 英治

1. はじめに

地震時の地盤の液状化に伴う噴砂・噴泥現象は多くの地震で発生している。1964年の新潟地震を継起に、液状化の発生メカニズムに関する研究が数多く行われ、噴砂・噴泥現象の発生メカニズムの解明が行われてきた。しかしながら過剰間隙水圧の上昇や地盤の強度と関係づけられた研究はあまり行われていないのが現状である。

本研究は、模型振動実験を行い、液状化層内の過剰間隙水圧の分布や液状化層上部の非排水層の強度が噴砂現象の発生にどのような影響を与えるのかについて基礎的な考察を行ったものである。

2. 実験の概要

図1、図2、は実験装置の概略を示したものである。砂地盤はあらかじめ水で満たした土槽（奥行き30cm、長さ120cm、高さ80cm）の上面から珪砂を自由落下させて作成した。砂地盤の層厚は50cmとし砂層の上部より5cm、15cm、25cm、35cmの位置に黒色に着色した珪砂をふるい水平方向のマーカラインを作成した。図1に示すように振動台に加速度計を、また図2示すように過剰間隙水圧計を砂層上部より5cm、15cm、25cm、35cmの砂層内に設置した。砂地盤の上部には非排水層としてカオリンクレイおよびベントナイトを乾燥質量で9：1で混合し、含水比33.3%になるように水を加え3日間以上養生した粘土層を配置した。粘土層、砂層の密度は実験ごとに体積と質量から測定した。粘土層の厚さは約8cm・約16cmの2種類に変化させた。振動台の振動周波数は4Hzの正弦波とし、最大加速度を300~600galの間で4種類変化させた。実験では振動開始と同時に最大加速度に到達させ、約2.5秒間振動を継続した。着色した珪砂のマーカの乱れと過剰間隙水圧比の値から液状化の発生を確認し、噴砂現象の有無は非排水粘土に発生した亀裂より砂・水の噴出によって判定した。表1に砂層・粘土層の土質特性を示す。

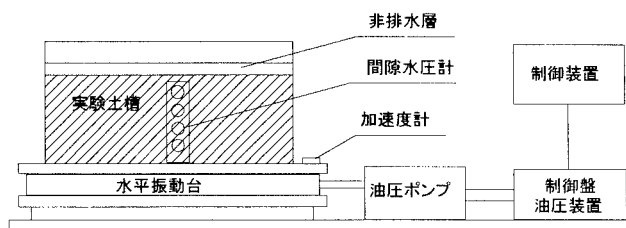


図1 実験装置

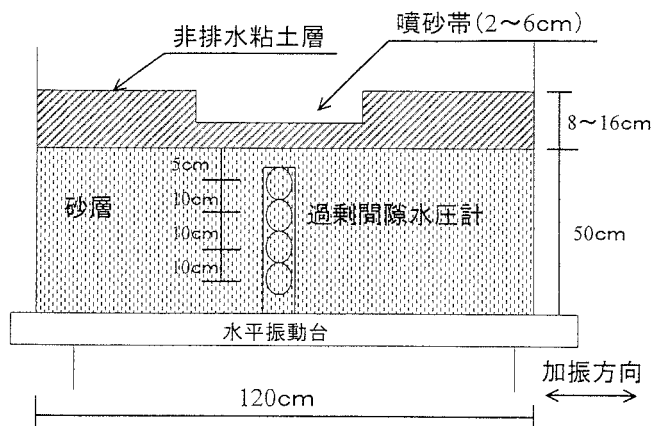


図2 土槽側面図

表1 試料の土質特性

	珪砂7号	粘土
含水比(%)	24.86	33.33
透水係数	0.031616	—
内部摩擦角(°)	36.0	—
液性限界(%)	—	36.28
塑性限界(%)	—	16.50
乾燥密度(g/cm ³)	1.38271	—

キーワード：液状化 噴砂 浸透圧

連絡先：〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-1 TEL047 (478) 0449 FAX047 (478) 0474

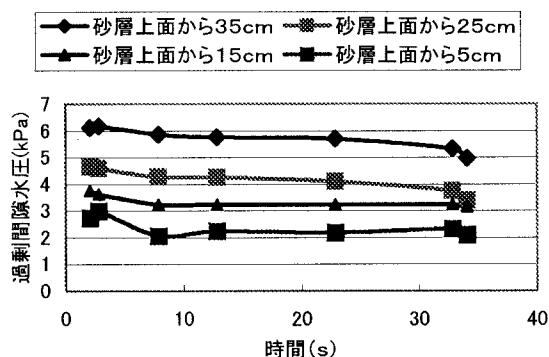


図3 深さ別過剰間隙水圧の経時変化

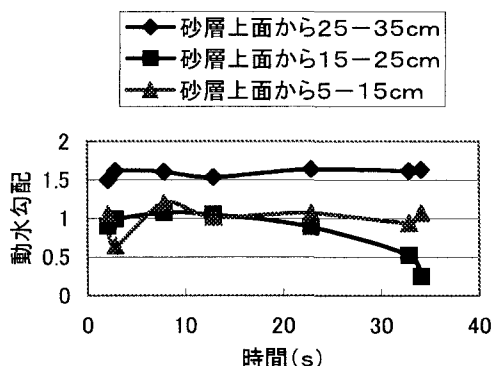


図4 液状化時砂層内の動水勾配の経時変化

3. 液状化時の地盤の応力状態と噴砂現象

実験ではすべての条件・高さにおいて黒砂のマーカの乱れにより液状化の発生が確認された。しかし過剰間隙水圧比から見ると、砂層上面より15cm、25cm、35cmの位置ではすべての実験で液状化が確認できたが、5cmの位置では多くの実験で過剰間隙水圧比が1を超えなかった。

図3は振動時に各間隙水圧計で観測された過剰間隙水圧の経時変化の一例（最大加速度600gal、粘土層の厚さ16cm、噴砂帯の厚さ4cm）を示したものである。図3より砂層内の過剰間隙水圧は深度によって異なることがわかる。そこで過剰間隙水圧分布から動水勾配の経時変化を求めたものが図4である。この動水勾配より浸透力を求め、砂層上面から10cm（A点）、20cm（B点）、30cm（C点）の位置での振動時における砂地盤のモール円の頂点を結んだ有効応力経路を描いたものが図5である。図5から砂層上面から10cm、20cmの位置では振動開始後3.04秒後に破壊が生じ、また30cmの位置では振動開始後4.56秒後に破壊が生じたことがわかる。このことから例に示した実験では振動開始後3.0~5.0秒で広い範囲で液状化が生じたことがわかる。

実験では振動開始後約7.0秒後に噴砂帯に亀裂が入り、水と砂が噴出する噴砂現象が確認された。そこで非排水粘土層の全応力を求め非排水層の破壊の有無を検討したものが図6である。応力経路は全応力のモール円の頂点を結んだものである。初期状態では非排水層の土被り圧が等方的に作用しているとし、振動後は噴砂帯に最も近い過剰間隙水圧計で計測された過剰間隙水圧が鉛直方向に作用するとした。図6から非排水層の全応力経路は、振動後もベーン試験で得られた粘土土の非排水せん断強さに達していない。

このことから非排水層に生じた亀裂は液状化時の砂層内の水圧上昇に伴い、非排水粘土層が持ち上げられ変形して、引っ張りによって生じたものと考えられる。今後は液状化層内に生じた過剰間隙水圧による非排水層の変形挙動を詳細に調べ、液状化時の非排水層に発生する亀裂の発生メカニズム等について更に考察したい。

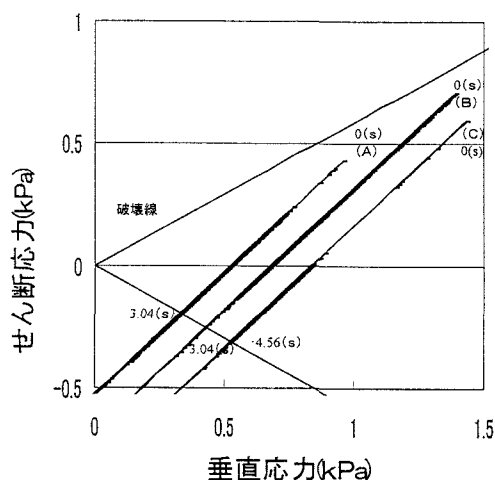


図5 砂層の有効応力経路

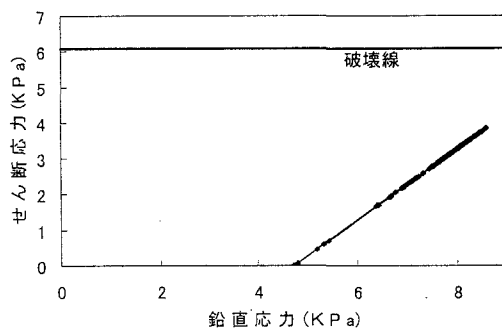


図6 粘土層の全応力経路