

液状化・非液状化要素が混在する地盤の地震時沈下挙動

九州大学大学院 正会員 ○笠間 清伸 善 功企 陳光齊

1. 目的

地盤の液状化対策の一つに、事前混合処理や浸透固化処理のように地盤に固化材や薬液を混合・注入して地盤を固化する工法が開発されている。実際に施工された固化処理地盤では、対象地盤の不均質性や混合・注入の不均一性などの要因によって、液状化強度に空間的なばらつきが生じることが報告されている。地盤の液状化強度に空間的なばらつきが存在する場合には、地震時において液状化強度の小さい箇所が先に液状化してしまう可能性がある。このような局所的な地盤の液状化は、地震時における不同沈下の発生や支持力低下を引き起こすと予想される。本文では、液状化の局所性を簡易にモデル化した模型地盤を用いて重力場における振動台実験を行い、液状化に起因する沈下量についてパーコレーション理論を用いて検討を試みた。

2. 地盤作製および振動台実験の概要

図-1 に、本実験で使用した模型土槽を示す。液状化に局所性を有する地盤を表現するために、地盤をメッシュ状に分割し、液状化要素と非液状化要素の2つにモデル化した。液状化要素では、5号硅砂を使用し、水中落下法により相対密度30%に調整した。非液状化要素は、剛体の模型を予め作製しておき、液状化要素を下部より土槽内で作製しながら、剛体模型を所定の位置に設置した。表-1 に、実験ケースを示す。メッシュ幅は、50, 75, 150mmとした。液状化要素の体積割合(以降、液状化割合とよぶ)は、20, 40, 60, 100%とした。液状化要素の配列は、乱数を発生させて無作為に決定し、配列の違いによる影響を把握するため、各条件で配列を変えて3回行った。振動台の加振は、3Hzの正弦波を10波ずつ100～400Galまで、100Gal単位で増加させるステップで行った。模型土槽には、図-1に示すように、間隙水圧計、加速度計、マーカーを設置し、地表面では沈下量を測定した。詳しい実験方法や間隙水圧の計測結果などは、参考文献1)で報告している。

3. パーコレーション理論による地震時沈下量の検討

図-2 に、液状化割合60%の模型地盤における300Gal加振後の地表面沈下量を示す。液状化割合100%の沈下形状が比較的均一なのに対し、60%では全体的に地表面沈下量が減少したが、水平方向に不同沈下が生じた。また、液状化要素の配列の違いによって異なる不同沈下形状が得られた。この実験結果は、他の液状化割合でも同様に観測された。

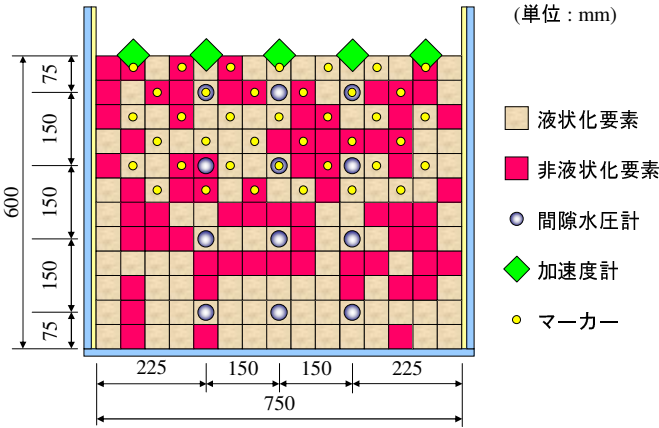


図-1 模型土槽

表-1 実験条件

非液状化要素	剛体模型(アルミ製)
液状化要素	5号硅砂(相対密度50%)
メッシュ幅	50, 75, 150mm
液状化割合	20, 40, 60, 100%
要素配列	3パターン
最大入力加速度	100, 200, 300, 400Gal
入力波形	正弦波

図-3 に、50mmメッシュにおける液状化割合と平均沈下比の関係を示す。ここで、平均沈下比とは、各液状化割合で計測された平均沈下量を液状化割合100%の平均沈下量で除したものである。図中の斜線は、液状化要素と非液状化要素の両方が混在する地盤の液状化要素の部分が、液状化割合100%の地盤と同様に沈下すると仮定したときに得られる平均沈下比である。図より、すべての実験結果が斜線より下に位置することから、液状化要素はその周辺の非液

液状化, 不均一性, 不同沈下

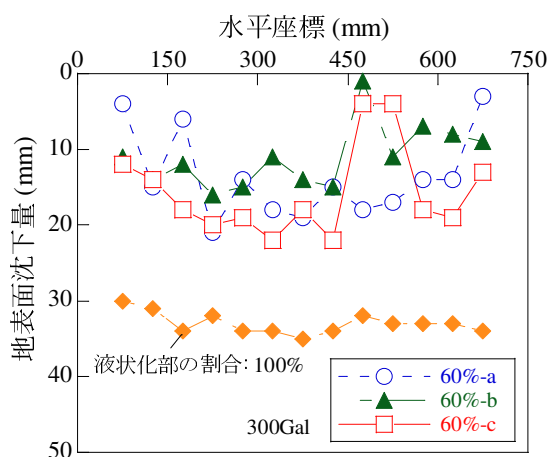


図-2 地表面沈下量(液状化要素 60%)

状化要素の存在によって沈下を抑制されており，非液状化要素が全地盤の沈下挙動を構造的に抑制するような“構造的な沈下抑制”があると考えられる．また，同じ液状化割合でも配列が異なると得られる平均沈下比が異なることから，単純に液状化割合からでは，平均沈下量を評価することは困難であり，液状化割合に代わって非液状化要素の配列を考慮した地盤の沈下抑制効果を表す別の指標が必要であることを示唆する．

そこで，パーコレーション理論に基づき，クラスターという概念を導入した．クラスター(Cluster)とは，パーコレーション理論で「ある空間に分散している物体群が，互いに接触して形成される集合」で定義される．本文では，液状化要素が形成した集合を液状化クラスターと定義し，模型地盤での液状化クラスターの数，平均値および最大値を計算し，沈下量に与える影響を考察した．

図-4 に，300Gal 加振後における平均沈下比と平均液状化クラスターの関係を示す．平均液状化クラスターが 0.4 以下の範囲において平均沈下比は急激に増加し，その傾向はメッシュが小さいほど顕著であった．

図-5 に，300Gal 加振後における平均沈下比と最大液状化クラスターの関係を示す．ばらつきが大きい，メッシュ幅によらず，最大液状化クラスターが増加するとほぼ直線的に平均沈下比が増加した．今回は，平均液状化クラスターと最大液状化クラスターの二つを用いて検討を行ったが，今後は，液状化に起因した地盤沈下量は，各地盤要素での繰返しせ

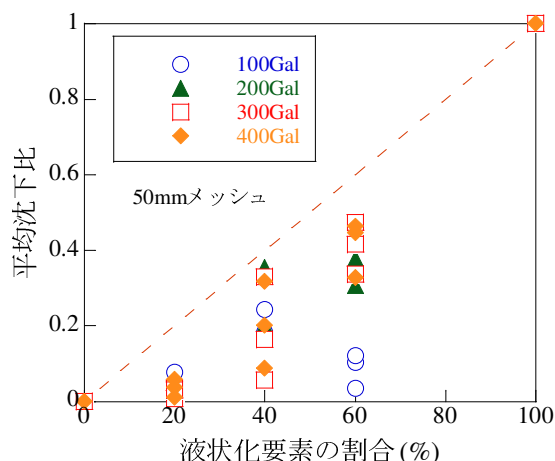


図-3 平均沈下比と液状化要素の割合

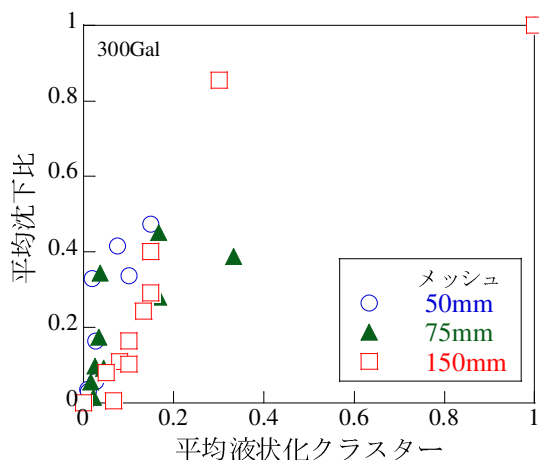


図-4 平均沈下比と平均液状化クラスター

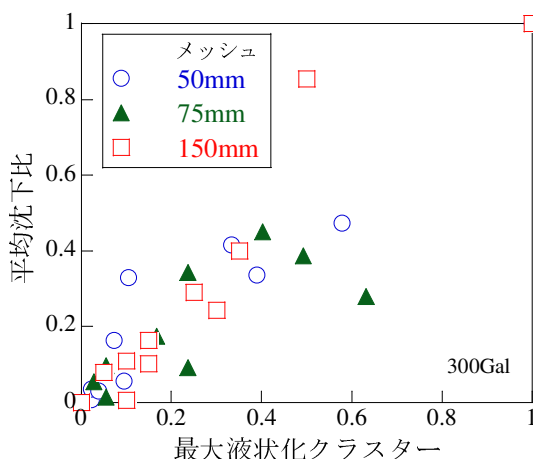


図-5 平均沈下比と最大液状化クラスター

ん断応力や過剰間隙水圧比の発生の程度が影響すると考えられるので，これら効果と液状化クラスターを複合させた指標を用いて検討していきたい．

【参考文献】1) 重岡ら：液状化強度にばらつきを有する固化処理地盤の地震時沈下予測に関する振動台実験，土木学会地震工学論文集，Vol. 29, CD-ROM, A04-31.pdf, 2007.