

中間土および砂質土の繰返しせん断特性

中央大学 学生会員 ○田嶋 厚史
中央大学 正会員 金澤 伸一
中央大学研究機構 正会員 石井 武司
中央大学 正会員 齋藤 邦夫

1.はじめに

地盤の設計を行う際に必要なせん断特性は、粒度構成や排水条件、応力履歴に大きく依存している。また、我が国は、地震が頻発する地帯に位置おり、地震による繰返しせん断特性が設計上重要な事柄となる。そこで本研究では、砂分量の異なる供試体が繰返しせん断に対する耐性をどの程度有しているか把握するため、人工調整した中間土および砂質土に対し、三軸試験によって繰返し载荷を与えた。また、粒度構成による液状化判断のみではなく、せん断挙動を比較するために、発生する過剰間隙水圧 Δu 、累積される損失エネルギー ΔW 、载荷に伴う剛性低下 ΔG に着目した。

2.使用試料

本研究では、東京湾汐留地区で採取した $I_p=40$ の粘性土に珪砂 7 号を混合し、粘性土に対して砂分量が 50%,60%,70%,80%,90% となるように人工的に調整した中間土を用いた。また砂分量に応じて、それぞれ SK50,SK60,SK70,SK80,SK90 と呼ぶ。各試料の物理特性¹⁾を表-1に示す。

表-1 試料の物理特性

試料名	沙留粘土	SK50	SK60	SK70	SK80	SK90	珪砂7号
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.70	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
液性限界 w_L (%)	66.4	42.9	39.1	30.6	NP	NP	NP
塑性限界 w_P (%)	27.2	21.9	22.9	24.0	NP	NP	NP
塑性指数 I_p	39.2	21.0	16.2	6.6	NP	NP	NP
砂分 (%)	8.5	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	97.8
シルト分 (%)	41.5	23.2	18.8	14.4	10.0	4.4	2.2
粘土分 (%)	50.0	26.8	21.2	15.6	10.0	5.6	0.0

3.実験概要

本実験では、供試体直径 50mm、高さ 100mm の小型三軸試験機により行った。供試体作成は別途用意した容器内に試料を含水比 5%となるように調整した後、真鍮製のランマーによりモールド内で一定に締め固めるウェットタンピング法を用いた。供試体は 20kPa の拘束下であらかじめ炭酸ガスを通気させた後、脱気水を十分通水し飽和させた。これにより B 値が 0.96 以上となっていることを確認した後、背圧 $u_b=200\text{kPa}$ 、有効拘束圧 $\sigma'_c=200\text{kPa}$ の下で等方圧密を行い、3t 法により圧密終了を確認した。図-1 に各試料の排水量と経過時間の関係を示す。また、本研究では繰返し荷重を载荷する制御方式として、供試体に一定のひずみを与えるひずみ制御方式を用いた。そこで、軸ひずみ片振幅を $\varepsilon=0.5\%$ に設定し、繰返し载荷の回数 $N=100$ 回、载荷周波数 $f=0.1\text{Hz}$ とし、非排水による繰返し载荷試験を行った。

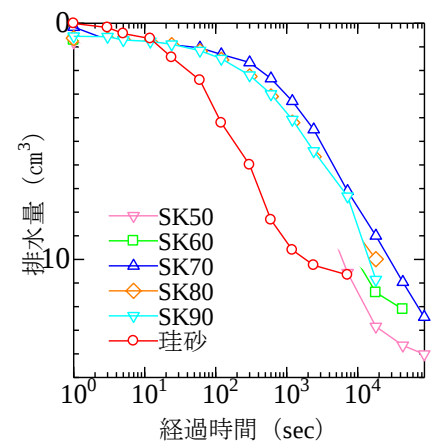


図-1 圧密時の時間と排水量の関係

4.実験結果・考察

図-2 に、正規化累積損失エネルギーと過剰間隙水圧比の関係を示す。SK50～SK70 までの中間土は繰返し载荷によりダイレイタンスが発生した際、間隙に細粒分が入り込むことで過剰間隙水圧の上昇は緩やかになった。しかしながら一方で、SK80 や SK90, 珪砂 7 号といった砂分量 80%以上の砂質土では繰返し载荷回数が増えるにつれて、過剰間隙水圧比が増大するが、正規化累積損失エネルギーにおいて、载荷直後と载荷終了時の大きな変化はない。

図-3 に、過剰間隙水圧比と剛性低下率の関係を示す。SK50～SK70 までの中間土は試料の細粒分が増えるにつれて、载荷回数ごとの変化は少なく、図-2 からみられたように過剰間隙水圧が収束傾向となった。これより供試体

キーワード 中間土 繰返し载荷 せん断剛性

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 Tel.03-3817-1812

の有効拘束圧を維持し、液状化に至らなかったと考えられる。一方で、砂質土は載荷回数ごとの剛性低下率が大きく、最終的に剛性低下率が1に達していることから、供試体がせん断強度を失い、液状化に至ったと考えられる。特に、珪砂7号は繰返し載荷直後から急激に過剰間隙水圧が上昇していることが分かる。

図-4に、正規化累積損失エネルギーと剛性低下率の関係を示す。SK50～SK70までの中間土は繰返し載荷を受けるごとに累積損失エネルギーが増大するものの、緩やかにせん断剛性は低下している。特に細粒分を多く含む試料に関しては、損失エネルギーが増大しているのに対して、剛性低下率が小さく、動的せん断のエネルギーの吸収能力が高いと考えられる。しかしながら、砂質土は載荷終了まで損失エネルギーに大きな変化はせず、せん断の影響を受け、急激に剛性低下が起きている。このことから砂質土は動的せん断のエネルギーを吸収しきれず、強度を失い液状化に至ったと考えられる。

以上の結果より、中間土や砂質土においては過剰間隙水圧が徐々に上昇するという結果が得られたのに対し、珪砂7号は繰返し載荷直後から急激に上昇するという異なる挙動を示した。これより、広範な粒度で構成される地盤では細粒分の影響により、累積損失エネルギーを収束させ、液状化には至らない可能性が比較的高いという結論が得られた。一方、砂分を多く含む地盤では動的せん断のエネルギーを吸収する能力が低いと想定され、過剰間隙水圧が上昇しやすく、せん断剛性を失いやすいと考えられる。

5.まとめ

本研究において得られた知見を示す。

砂分量の異なる試料に対し、繰返し載荷による正規化累積損失エネルギー・過剰間隙水圧比・剛性低下率の3項目が、動的特性において相関関係を示した。以上のように、砂分量の異なる試料ごとに繰返し載荷に伴う剛性低下の割合を比較することができ、本研究では砂分量80%以上で構成されている地盤では、地震時の強度耐性が低いと考えられ、すなわち液状化の可能性が高いという結果が得られた。

6.今後の課題

本研究では、砂分量の異なる試料の繰返しせん断に対する耐性を評価するため、供試体作成方法としてウェットタンピング法を用いた。また、それと並行して予備圧密法も行っている。今後はこの2つの試料作製方法が結果にどのような影響を与えるかを、静的試験機を用い、強度定数 ϕ' で整理することで比較検討する。

【参考文献】

- 1)熊谷悠：中間土の繰返し載荷後のせん断強度特性,第7回地盤工学会関東支部発表会
- 2)齊藤王二郎：中間土の力学特性評価に関する研究,修士研究論文 (2010)

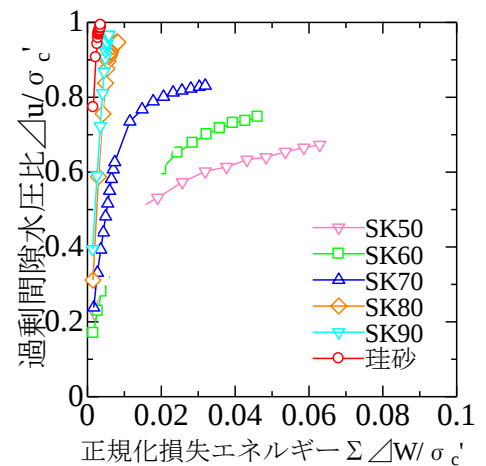


図-2 正規化損失エネルギー～過剰間隙水圧比

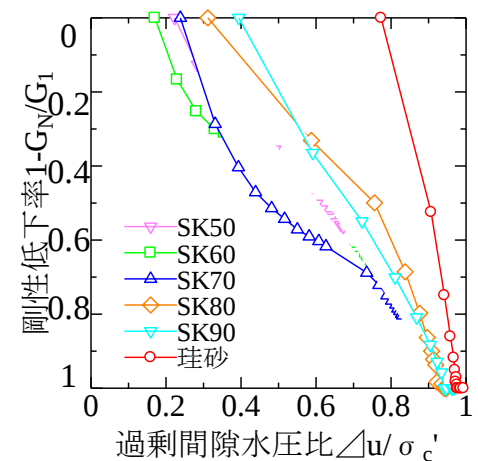


図-3 過剰間隙水圧比～剛性低下率

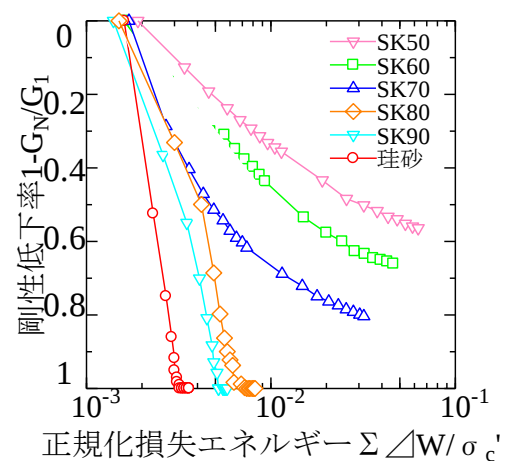


図-4 正規化損失エネルギー～剛性低下率