

審査の結果の要旨

氏名 ナイト アート

本論文は **Experimental study on undrained cyclic behavior of sands containing non-plastic fines under different stress conditions** (非塑性シルトを含む砂地盤の非排水せん断挙動に対する異方圧密応力の影響に関する実験的研究) と題し、構造物基礎の直下に存在する砂質土が地震時に基礎の沈下に及ぼす影響について実験研究を行った成果である。

従来、砂地盤の液状化研究は、細かいシルトや粘土分を含まない砂や、細かいとも言っても粘着力や塑性を持つ成分を含む砂に関して、実施される時期が長かった。しかし近年になって埋め立て地における液状化現象の多発が認識されるようになり、そこでは細粒が従来とは異なり塑性を持たない、すなわち粒子が細かいだけで本質は砂とは異なることが重要視されるに至った。このような非塑性シルトと液状化危険度との関係について多くの研究が行われるようにもなったが、非塑性シルト含有率の大小によって危険度が増すのか減少するのか、異なる成果が錯綜していた。本研究と、その先行研究として同じグループで行われた研究とは、このような複雑な状況に終止符を打つことを目指したものであり、自然の堆積過程にできるだけ近い試験体準備方法として、乾燥砂落下高さ共通による実験結果相互比較を行っている。そして先行研究によって非塑性シルトには液状化をおおむね発生しやすくする傾向があることが示されたことに続き、本研究は、実際の被害形態である構造物基礎の沈下の危険度と非塑性シルト含有率との関係を追究した。

本論文は全六章からなっている。第一章は既往の被害事例を紹介し、非塑性シルト研究の重要性を説明している。

第二章は既往の文献調査である。細粒と粗粒とが混合された砂の性質、実際の地盤のように平常時に鉛直方向と水平方向とで圧力が異なる異方応力状態の砂の地震時挙動、直下が液状化したときの構造物沈下の事例調査などが取りまとめられている。

第三章は、使用した中空ねじり試験装置及び各種センサーの説明と、キャリブレーション結果のまとめである。

第四章では実験の方法を説明している。先行研究が東京湾沿岸の埋め立て地で実際に液状化した砂を使用したのに対し、これがもはや入手できないことから、本研究では豊浦砂に非塑性シルトであるDLクレーを混合した。その混合比率を変えることにより、液状化挙動や基礎の沈下に及ぼす影響を調べた。実験の過程では、等方的または異方的応力による圧密と非排水繰返しねじりせん断による液状化と沈下の過程、そして実験後の排水による更なる沈下を計測した。

第五章では、豊浦砂とDLクレーの混合材料の液状化特性を明確にするべく、等方応力状態で圧密した試験体により、液状化実験を行った結果をまとめて記述している。ゆる詰めの試験体であるため、繰返しせん断が進行して間隙水圧上昇が一定の段階に達すると、軟化が一気に顕在化してひずみ振幅が急増することが特徴である。液状化に対する抵抗の見地からは、DLクレーの含有率が10%以下では、含有率の増加とともに抵抗が若干増加する。そしてさらに含有率が100%まで増えるとともに、抵抗は単調に減少する。同様の強度特性は、等方圧密排水三軸せん断実験においても観測された。すなわち細粒分(DLクレー)含有率10%までは強度が増加してその後減少に転ずること、含有率10%まではダ

イレイタンシーが膨張傾向にあり、その後は収縮傾向が強まることである。また、液状化実験後の圧密収縮特性においても、含有率10%までは収縮量が減少、その後は増加、という傾向が見られたが、この収縮量は繰り返しせん断時に試験体が被った損傷にも影響を受けることから、正味の収縮量をせん断ひずみの変動累積（積分）で正規化することにより、データ整理している。

第六章では、異方圧密状態を様々に変化させて、非排水繰り返しねじりせん断を実施した結果を記述している。まず異方圧密時の挙動に関しては、異方状態の度合いが著しい（水平圧力が鉛直圧力より低い）ほど体積収縮が増加するものの、両者の比が1対0.3に至るとせん断破壊に近い状態に至るため、膨張傾向が現われる。非排水繰り返しせん断の過程では、異方状態が著しいほど間隙水圧が上昇しにくい、これはモールの応力円の寸法が大きいため、少ない有効応力減少によって破壊包絡線と応力円が接触してせん断破壊に至るからである。間隙水圧ではなくねじりせん断ひずみや鉛直圧縮量（基礎の沈下に相当）によって試験体の挙動を判定すると、細粒分を多く含む砂ほどせん断ひずみが大きくなりやすい（材料として弱い）こと、細粒分10%までは軸圧縮が進行しにくくなるものの、それ以降は圧縮が起りやすい。そして異方圧密の度合いが大きいほど、材料としての弱化傾向は著しいことが見出された。ただし異方圧密の度合いが大きいほどダイレイタンシーの影響が強まることも重要であり、液状化後の体積収縮（せん断ひずみ積分値で正規化）は、異方状態が著しいほど減少する。

第七章は結論である。

以上をまとめると、従来の液状化実験研究が純粋の砂や塑性を持つ細粒分との混合に限られていたのに対し、本研究を含む近年の研究は埋め立て地などの被災事例に基づいて非塑性シルトの影響に向けられていること、これらの研究にも実験材料準備法の問題から結果が混乱していたこと、この問題を解決して構造物の沈下という実際的な問題への展望を示したことが、本研究の成果である。このことは地盤工学・基礎工学など当該学術の発展への貢献が大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。