

カオリンを含む砂の液状化強度

東京工業大学 正会員 桑野 二郎
 東京ガス 正会員 飯村 博忠
 東京理科大学大学院 学生会員 中沢 博志
 東京理科大学大学院 学生会員 ○杉原 弘一

はじめに

1987年の千葉県東方沖地震などで粘土分を含む砂地盤においても液状化現象が生じることが報告されている。しかし、粒径の揃った砂に比べ粘土分を含む砂の液状化については調べるべき点がある。そこで、本研究では粘土分含有率(CC)の違いが液状化強度へ与える影響を調べるために、豊浦標準砂とカオリンの混合土を用いて非排水繰返し三軸試験を行った。なお、粘土分含有率の増加による非排水静的せん断特性の変化や、動的力学特性と静的伸張特性との間に強い相関性が認められたことについては、¹⁾ 飯村・桑野らがすでに報告している。

実験方法

試料はカオリンと豊浦標準砂を用いた。なお、豊浦標準砂は $74\mu\text{m}$ のふるいに残留したもの、つまり細粒分を取り除いたものを使用した。実験では2つの試料を重量比でCC=0, 10, 20, 30, 40, 100%となるように混合し、気乾状態の試料を漏斗より落下、堆積させる空中落下法と液性限界の2倍の水量を加えスラリー状にした試料を予圧密圧力49kPaで予圧密するスラリー法によって供試体を作製した。供試体作製後、二重負圧法によって飽和させ、B値が0.96以上と確認された供試体のみ拘束圧98kPaで等方圧密を行った。等方圧密終了後、応力制御によって周波数0.1Hzの繰返し対称荷重を載荷し非排水繰返し三軸試験を行った。なお載荷終了後、供試体含水比より等方圧密終了時の間隙比を逆算し求めた。

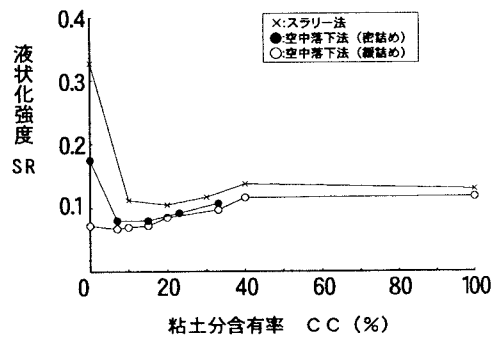


図1: 液状化強度と粘土分含有率の関係

実験結果

繰返し回数20回で軸ひずみ両振幅5%に達するときの繰返し応力比を液状化強度と定義し、スラリー法・空中落下法によって作製された供試体の液状化強度と粘土分含有率の関係を図1に示す。スラリー法によって作製された供試体では、CC=20%において最低液状化強度を示している。一方、空中落下法では粘土分を混入するとCC=7%以降緩やかに液状化強度は上昇している。また、スラリー法・空中落下法共にCC=40%において粘土分のみ(CC=100%)と等しい液状化強度を示している。

軸ひずみの経時変化の例を(図2-1~3)示す。スラリー法CC=0%及び空中落下法CC=0% (密詰め) では図2-1の

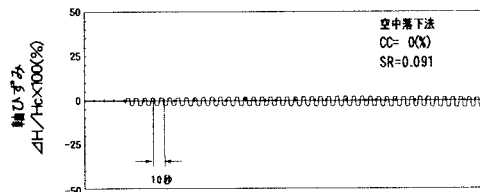


図2-1 密な砂の経時変化

ように軸ひずみ両振幅がなかなか増大しない。これは砂の構造が密なためにサイクリックモビリティを生じたためである。次に粘土分を加えると図2-2に示したように緩詰めめのきれいな砂に見られるような急激な大変形を起こすようになる。つまりスラリー法及び空中落下法（密詰め）において粘土分の混入により急激な液状化強度の減少が生じたのは砂の骨格構造が緩くなった為と思われる。さらに、 $CC=30\%$ を越えると載荷につれ軸ひずみが徐々に増加する粘性土に見られる傾向が生じ粘土分の影響が見られる（図2-3）。つまり、 $CC=20\%$ 以降の液状化強度の増加は粘土分の影響によると思われる。

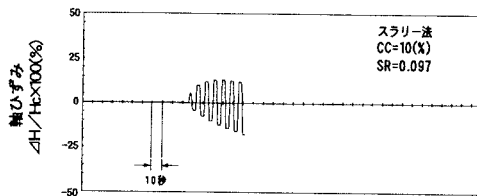


図2-2 緩い砂に類似した経時変化

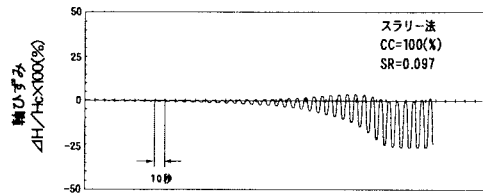


図2-3 粘土分のみ経時変化

柴田(1986)によると粘土分の混入によって土構造は、砂の骨格が形成する間隙内に粘土分が納まる構造から細粒分マトリックスに砂粒子が分散する構造に移行するという。そこで、本研究でも粘土分含有率が低いときは砂粒子が形成する間隙内に粘土分が混入すると考え、粘土と水を間隙とする砂の骨格間隙比 e_s （大嶺，1992）を算定し粘土分含有率との関係を調べた。すると、スラリー法では $CC=20\%$ まで骨格間隙比が豊浦標準砂の最大間隙比を越えないが、空中落下法では $CC=7\sim10\%$ を越えると骨格間隙比は豊浦標準砂の最大間隙比を越えてしまう。つまり、空中落下法では少量の粘土分でも砂粒子の接触がはずれだし粘土分の影響を受け液状化強度が増加するが、スラリー法では砂の骨格構造が強いために粘土分の抵抗力をあまり受けず、粒径の揃った砂同様に砂の骨格が緩くなるにつれて液状化強度が減少したと思われる。

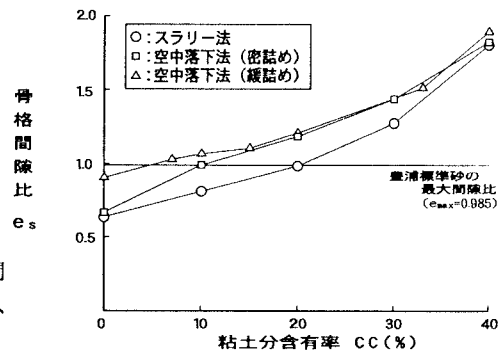


図3：粘土分含有率と骨格間隙比との関係

まとめ

以上、粘土分含有率の増加によって生じた液状化強度の変化は以下の通りである。

- (1) スラリー法では $CC=20\%$ において最低液状化強度を示し、液状化強度は減少から増加に転じる。
- (2) 空中落下法では粘土分を混入すると $CC=15\%$ から液状化強度は緩やかに増加する。
- (3) 供試体作製方法によらず、 $CC=40\%$ を越えると粘土分のみと等しい液状化強度を示す。

これらの原因として砂の骨格の変化や粘土分の抵抗力が考えられる。

参考文献

- 1) 飯村・桑野ら：カオリンを含む砂の非排水単調・繰返しせん断特性 第30回土質工学研究発表会, 1995
- 2) 柴田英明：砂・粘土混合土の締め固め後の構造に関する一考察 土と基礎, Vol. 34, NO. 12, pp17-22, 1986
- 3) 大嶺聖：中間土の圧縮及び強度特性に関する基礎的研究 九州大学学位論文, 1992