

流動化処理の力学特性に関する基礎的実験その2 (地震時繰り返し载荷の影響)

中央大学 正会員 國生 剛治

同上 学生会員 吉尾 泰輝

同上 学生会員 大川 武巳

1. 目的

流動化処理土は埋設管の埋め戻しだけでなく地下鉄工事の埋め戻しなどにも大規模に使われている。我々はすでにカオリン粘土の泥水とセメント系固化材のみからなる高含水比の試料について強地震が与える影響を調べてきた²⁾³⁾。本研究ではさらに砂を混入した試料について三軸試験機を用い地震を模擬した繰り返し载荷を加えることで、強地震が起きた場合に流動化処理土の強度及び変形特性が受ける影響を調べることを目的としている。

2. 方法

用いた材料は豊浦標準砂、カオリン粘土、一般軟弱土用セメントである。それらを攪拌し作成した試料について、泥水密度、固化材添加量一定のもと幅広く p 値を変化させた試料を作成した。ここに p 値=(泥水の重量)/(砂の室乾重量)で定義している¹⁾。用いた試料の配合、物理特性、一軸強度に関しては参考文献2)に示すとおりである。試験方法としては、直径 50mm 高さ 100mm の供試体を背圧 294kPa、有効拘束圧 $\sigma_c = 98$ kPa で等方圧密した後、バルブをすべて閉じ、各試料に対し応力比の異なる繰り返し载荷(振動異数 0.1Hz)を 11 波行う。ここでいう応力比とは $\sigma_d/2\sigma_i$ であり、 σ_d は繰り返し応力振幅、 σ_i は有効拘束圧である。その後非排水条件のままひずみ制御の静的せん断試験を行った。また繰り返し载荷前後においてギャップセンサーを用い 10^{-5} 程度での微小歪み領域でせん断剛性 G_0 を測定する実験も行った。

3. 試験結果

図-1 は繰り返し载荷により発生した载荷終了時点での過剰間隙水圧と繰り返し応力比の関係を示した図である。各配合条件の試料においてある値の応力比までは、さほど過剰間隙水圧は発生しないが、その応力比を超える辺りから急激に発生することが図より分かる。また過剰間隙水圧が 80% を越える場合では繰り返し载荷中に試料が破壊に至っている。

図-2 は静的強度と繰り返し応力比の関係を示した図である p 値の変化とともに強度の絶対値は複雑な変化傾向を示す²⁾。ここで斜めの実線は繰り返し応力振幅と静的強度の等しい条件であることを意味し、破線は各配合における静的強度の平均値を示している。また印は供試体が伸張変形により破壊した点を示している。どの配合においても多少のバラツキはあるものの、砂を加えない場合

³⁾と同様に応力比の増加にかかわらず破壊に至るまでほぼ一定の静的強度を保っていることが分かる。ここで図-1 から繰り返し応力比の増加に伴い有効応力の低下が伺えるが、静的強度はその影響を受けないと考えられる。これらの事から流動化処理土の強度特性は強地震による影響がほぼないのではないと思われる。

図-3 は繰り返し载荷後の静的試験から得た最大強度の 50% の応力から算出した割線変形係数 E_{50} と繰り返し応力比の関係を示した図である。どの配合条件の試料においても応力比の増加に伴い顕著に低下していくこと

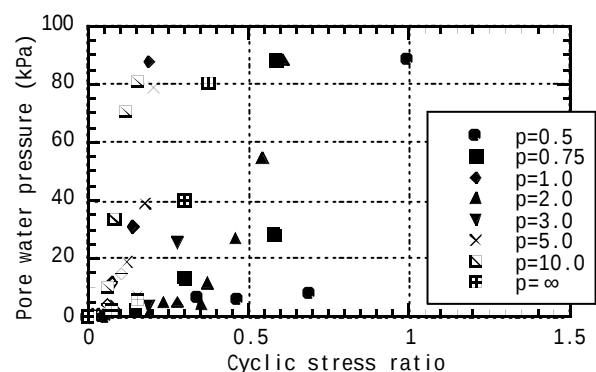


図-1 過剰間隙水圧と繰り返し応力比の関係

KEYWORD 流動化処理土, 繰り返し応力比, せん断剛性, 両振幅最大軸歪み, 割線変形係数

郵便番号 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel 03-3817-1799 中央大学理工学部土木工学科土質研究室

が分かる．その低下傾向はある繰返し応力比までは低下割合が小さいのに対し、それ以後の低下割合は著しい．

図-4は微小歪みせん断剛性 G_0 と繰返し応力比の関係を示した図である．せん断剛性の大きな試料については供試体上下端面のなじみの影響を受ける恐れがあるため、たて軸は G_0 を同一供試体の繰返し载荷以前の G_0^* により基準化して表している．各配合において応力比の増加に伴い低下していくことが分かる．その低下割合は E_{50} とほぼ同様な傾向が得られた．この低下の原因は繰返し载荷による有効応力の低下に関係があると思われる．

図-5は両振幅最大軸歪み ε_{DA} と繰返し応力比の関係を示した図である．ここでの矢印は伸張変形により破壊した点である．配合の違いによらずどの試料においても $\varepsilon_{DA}=0.5\%$ 程度を超えるあたりから急激に増加し破壊に至ることが分かる．この傾向は応力比と過剰間隙水圧の関係に類似しており、有効応力の低下からこのようなひずみ増大が生じたのだと考えられる．

4. まとめ

豊浦標準砂、カオリン粘土、セメント系固化材から作成した流動化処理土に三軸試験機を用い、非排水繰返し载荷を加えた実験により以下の点が明らかとなった．

- ・ 配合条件にかかわらず静的強度は繰返し载荷後も低下せずほぼ一定の値を示すことが分かった
- ・ 割線変形係数と微小歪みせん断剛性は応力比の増加に伴い低下する事がわかった．
- ・ 配合条件にかかわらず両振幅最大軸歪みは0.5%程度を超えた時点から急激に増加し破壊に至る．間隙水圧上昇がひずみと類似した変化傾向を示すことが分かった．
- ・ 繰返し载荷により流動化処理土の間隙水圧は明瞭に上昇する． G_0 、 E_{50} 、 ε_{DA} の変化傾向は有効応力の低下に関係していると考えられる．一方静的強度は有効応力の変化にほとんど影響されない．

<謝辞> 流動化処理工法研究機構の久野先生、住友大阪セメント株式会社の吉原氏、安井氏には研究上のアドバイスやセメントの手配などで大変お世話になりました．

<参考文献> 1) 久野悟郎：土の流動化処理工法，技法堂，
2) 國生，吉尾，大川：地震時における流動化処理土の強度および変形特性に関する基礎的実験その1 土木工学会投稿中，
3) 國生，岩沢，吉尾，地震時における流動化処理土の強度特性及び変形特性，土木工学研究発表会

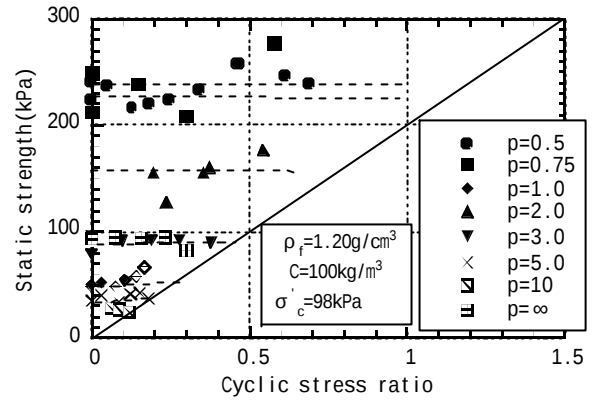


図-2 静的強度と繰返し応力比の関係

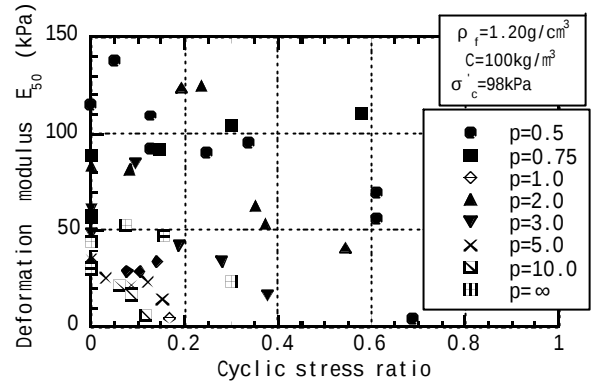


図-3 割線変形係数と繰返し応力比の関係

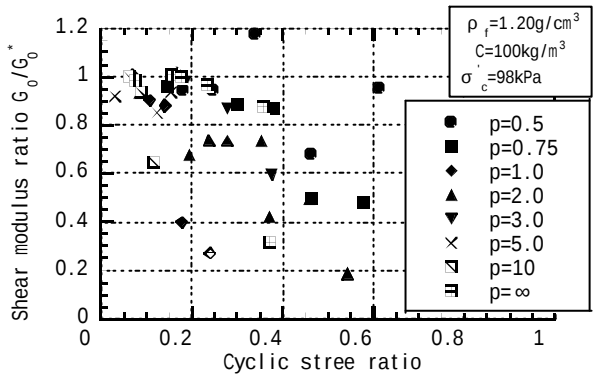


図-4 微小ひずみせん断剛性と繰返し応力比の関係

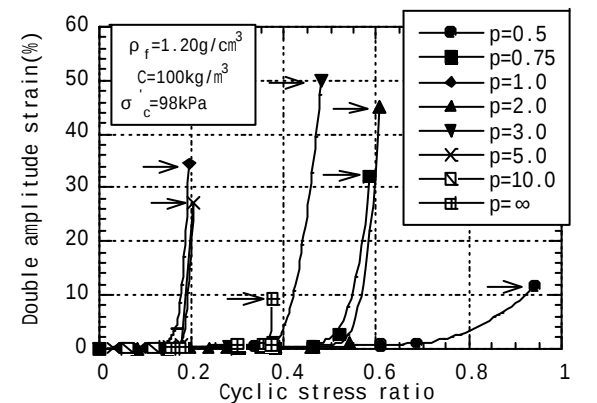


図-5 両振幅最大軸ひずみと繰返し応力比の関係