非塑性な細粒分を含む不飽和砂質土の液状化特性

中央大学	正会員	原	忠
中央大学	正会員	國生	剛治
中央大学	学生会員	古地	祐規

1.はじめに

近年,液状化対策工法の一つとして,地盤の飽和度を低下さ せ液状化抵抗を増加させる工法が注目されており,不飽和土の 液状化特性に関する研究も多く行われている.実際の地盤は, 砂のみならず細粒分を含む場合が多いが,このような土質材料 の,不飽和状態での液状化特性を求めた研究例は多くは見られ ない.また,通常の三軸試験機にて繰返し載荷試験を不飽和土 に行う場合,軸圧のみを変動させることによる平均主応力の変 動が完全に過剰間隙水圧に転化されないため,セル圧を同時に 変化させて平均主応力一定条件下で実験を行う必要がある¹⁾. 本報では,平均主応力一定繰返し三軸試験機により得られた非 塑性な細粒分を含む砂質土の液状化特性について述べる.

2.実験装置

図-1 に三軸試験機の概略を示す.供試体は直径 50mm,高さ 100mmである 繰返し載荷過程で供試体に加わる平均主応力を一 定に保てるよう,側方応力の増減を軸荷重の出力値に基づき,リ アルタイムでコンピューターで計算し,E-P 変換器を介して制御 している²⁾.

3.試験試料

表-1 に使用した試料の物理特性を示す.ここで試料 1a は,比 較的堅硬な土粒子からなる細粒分含有率 $F_c=0\%$ の河床砂(試料 1) に,ほぼ非塑性なまさ土細粒分($I_p=6$ 程度)を, $F_c=10\%$ になるよ うに粒度調整したものである.ここでの相対密度 D_r は,バイブ レーターを用いた最小・最大密度試験法³⁾の結果から計算してい る.図-2 に用いた試料の粒径加積曲線を示す.

4.試験方法

本研究での各ケースの実験条件を表-2 に示す.供試体は,初期 相対密度 D_{r0} が50%になるよう,予め所定の脱気水を加えた試料 を,5層に分けてモールド内で締固めるウェットタンピング法に より作成した.図-3に,各ケースの繰返しせん断試験直前の供試 体中の飽和度分布を,供試体の層別に調べた結果を示す.供試体 飽和度は,本作成法による場合,飽和度 S_r や F_c の違いによらず ほぼ一様に分布していることがわかる.供試体作成後,有効拘束 圧 σ_c ²=49kPa で圧密する. S_r =100%の CASE1,4 では,供試体作



図-1 平均主応力一定三軸試験機の概略

表-1 試料の物理特性





図-2 粒径加積曲線

表-2 実験条件								
/	試料	$F_{c}(\%)$	$D_{r0}(\%)$	$S_{\rm r}(\%)$	$\sigma_{c}{}^{\prime}\!(kPa)$	供試体作成法		
case1	試料1	0	50	100	49	ウェットタンピング法		
case2	試料1	0	50	80	49	ウェットタンピング法		
case3	試料1	0	50	60	49	ウェットタンピング法		
case4	試料1a	10	50	100	49	ウェットタンピング法		
case5	試料1a	10	50	80	49	ウェットタンピング法		
case6	試料1a	10	50	60	49	ウェットタンピング法		



キーワード 液状化 不飽和土 非塑性細粒分 主応力一定繰返し三軸試験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL:03-3817-1799 FAX:03-3817-1803

3 - 281

成後に脱気水を通水し,バックプレッシャーを 196kPa 加え *B* 値が 96%に達することを確認した後,有効拘束圧で圧密する. 繰返し非排水せん断試験は,各ケースとも平均主応力一定条 件で周波数 f=0.05Hz の正弦波荷重を加えて行った.

5.試験結果

図-4にCASE1~6の繰返し非排水三軸試験結果を,両振幅 軸ひずみ DA が 5%に達するまでの繰返し応力比~繰返し載 荷回数の関係で示す.CASE1~3の F_c =0%の不飽和砂質土で の,繰返し載荷回数 N_c =20で定義される液状化強度 R_{L20} は, 既往の研究結果⁴⁾同様に, S_r =100%のそれに比べ非常に大きい. また,CASE4~6では,細粒分の増加により, F_c =0%の砂質土 より液状化強度は低い値を示している.

図-5 に液状化強度増加率と F_c との関係を示す.ここで縦 軸は,各試料の $N_c=20$ における液状化強度を $F_c=0\%$ の飽和砂 質土のそれで除したものである.ここで, $S_r=100\%$ の飽和砂質 土で比較した場合, D_r が等しい条件下では,図中に示す既往 の研究結果^{5),6}同様,非塑性な細粒分含有率の増加とともに 液状化強度は大きく低下している.しかし, $S_r=60$,80%の不 飽和な条件下では,飽和砂質土同様に,非塑性細粒分の増加 により液状化強度は低下傾向を示すが, $F_c=0\%$ の飽和砂質土 よりも格段に大きい.その値は $S_r=100\%$ の試料に比べ,非常に 大きな強度を示している.

図-6 に液状化強度増加率と S_r の関係を示す.ここでの縦軸 は,各試料の $N_c=20$ における液状化強度を各試料の飽和砂質 土のそれで除したものである.これより,本研究で用いた非 塑性細粒分を含んだ砂質土では,細粒分含有率の違いによら ずきれいな砂同様, S_r の減少に応じて液状化強度が大幅に増 加することがわかる.同図中には既往の文献⁴⁾の豊浦砂 (σ_c ²=98kPa, $D_r=60\%$)での同様な関係を示す.有効拘束圧や相 対密度が異なっているが,液状化強度は同様な増加傾向を示 している.





図-6 液状化強度増加率と飽和度の関係

6.まとめ

本試験結果より,非塑性細粒分を含む砂質土の液状化強度

は砂質土においても, F_c=0%のそれと同様に, 飽和度の低下とともに大幅に増加することがわかった.今後と もデータの集積が必要であるが, これらの実験事実より実際の地盤に広く分布する非塑性な細粒分を含む地盤 では, 不飽和化による液状化対策効果が大きいと予想される.

謝辞:今回本研究を行うにあたり,中央開発(株)王林氏の多大な協力を得ました.ここに謝意を表します. 【参考文献】1)石原研而:土質動力学の基礎,第9章,砂質土の液状化,pp.246-247,1976.2)原 忠,國生剛治,古地祐規:平 均主応力一定繰返し三軸試験による細粒分を含む不飽和砂の液状化特性,第41回地盤工学研究発表会(印刷中),2006.3)原 忠,國生剛治:砂礫の最小・最大密度に及ぼす影響因子の分析,土木学会論文集,No.778/-69,pp.151-162,2004.4)Yoshimi,Y., Tanaka, K. and Tokimatsu, K.:Liquefaction Resistance of Partially Saturated Sand, Soils and Foundations, Vol.29, No.3, pp.157-162, 1988. 5)原 忠:砂礫の液状化特性に及ぼす粒度分布の影響に関する研究,中央大学理工学部博士論文,2004.6)佐藤正行,小野匡寬, 風間秀彦,小瀬木克己:細粒分が埋め立て地盤の液状化特性に及ぼす影響に関する基礎的研究,土木学会論文集,No.561/-38, pp.271-282, 1997.