

二種類の砂の低拘束圧下における液状化試験

東京電機大学 正会員 安田 進
 東京電機大学 学生会員 小宮 真悟
 東京電機大学 学生会員 深谷 成司

1. はじめに

液状化に伴う構造物の挙動や変形量を調べる目的で、模型振動台実験がしばしば行われている。これらの実験では模型の高さが1~6メートル程度と制限される。そのため実地盤と比較した場合、拘束圧が小さくなってしまいう問題点があげられる。砂の力学的性質は拘束圧の影響を強く受けるためこれらの実験の解析やそれに伴う数値シミュレーションを行う際には、砂の低拘束圧の物性把握が必要となる。これまでに砂の低拘束圧下における研究はいくつか行われているが、砂の液状化後の変形特性についての研究はあまり行われていない。筆者達は、低拘束圧下でも制度よく試験が行える中空ねじりせん断装置を作製し、豊浦砂に関する研究を開始したが、本研究ではさらに十勝砂及び尾久砂の2種類の実験データを付け加え液状化及び液状化後の変形特性について比較した。

2. 実験概要

試料には前述した豊浦砂、十勝砂¹⁾、尾久砂を用いた。粒径加積曲線は図-1に示した通りである。拘束圧は低拘束圧として9.8kPaの等方応力とした。相対密度は豊浦砂で80%、60%とし、十勝砂では85%、70%、尾久砂は締固め度で85%、90%の2パターンとした。実験装置には中空ねじりせん断装置を用いた。供試体作製は相対密度の場合、空中落下法によってロートを12秒で一周するような速度で回転させながら投入し一周したところで回転させるところをランダムに変化させた。その後タッピング法により外モールドの周囲を均

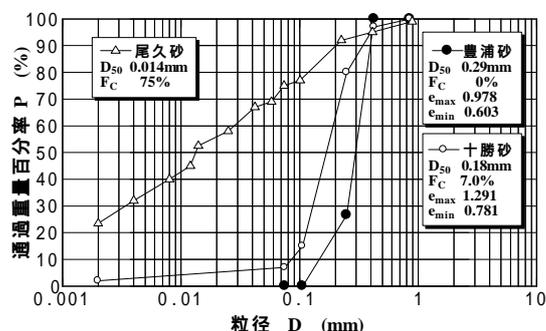


図-1 各砂の粒径加積曲線

一に打撃し、所定の相対密度になるようにした。締固め度の場合は試料を最適含水比で湿らせたのち所定の高さになるまでタッピング法により締固めた。次に供試体を負圧にて自立させた。その後2時間以上二酸化炭素を通した後12時間かけて通水した。B値が0.96以上であることを確認した上で、軸方向変位を固定して非排水状態で繰返しねじりせん断を行った。繰返し載加はひずみ速度を毎分1%と一定した回転制御とした。繰返し20回終了後非排水状態を保ったまま、ひずみ速度が10%/minの速度で静的単調載加を行った。

3. 実験結果

(1) 液状化強度曲線

豊浦砂、十勝砂、において各せん断応力比でせん断ひずみが両振幅7.5%発生した載加回数をプロットし、液状化強度曲線とした。その結果を表-1に示す。この液状化強度曲線より繰返し回数が20回時のせん断応力比を読み取り液状化強度比R_Lとした。このようにして求めた各砂・各相対密度・各拘束圧でのR_Lを表-1に示す。密度によって異なるためはっきりとした比較は言えないが、この表に表されるように細粒分を少し含む十勝砂の液状化強度比が最も小さくなった。

表-1 各砂の液状化強度比

	豊浦砂 Fc=0%		十勝砂 Fc=7%		尾久砂 Fc=75%	
	Dr(%)	R _L	Dr(%)	R _L	Dc(%)	R _L
低拘束圧 (9.8kPa)	60	0.255	70	0.208	85	0.543
	80	0.393	85	0.323	90	0.396

このようにして求めた各砂・各相対密度・各拘束圧でのR_Lを表-1に示す。密度によって異なるためはっきりとした比較は言えないが、この表に表されるように細粒分を少し含む十勝砂の液状化強度比が最も小さくなった。

(2) 液状化後の応力ひずみ関係

繰返し載荷後に行った静的単調載荷時の - 関係を模式的に図-2に示す。以後、剛性回復前までの割線勾配をG₁、剛性回復域での割線勾配をG₂と定義した。各割線の交点を抵抗変曲点とし、抵抗変曲点までの領域を微小抵抗領域Lと定義した。またstaticにおけるせん断ひずみ0.1%時の割線勾配を初期せん断剛性G_{0,i}と定義し、G₁をG_{0,i}で除したものを液状化に伴うせん断剛性低下率G₁/G_{0,i}と定義する。

キーワード 液状化、低拘束圧、ねじりせん断試験

低拘束圧において繰り返し載荷実験を行った静的単調載荷時のせん断ひずみとせん断応力・間隙水圧の関係を図-3に示す。液状化安全率 F_L が小さい程、供試体の回復が遅くなった。また剛性の回復に伴う間隙水圧の減少も遅くなった。 G_1 と F_L の関係を図-4に示す。全体に F_L が小さくなるほど G_1 は小さくなった。各砂においては密度が異なっても G_1 は同程度の値となった。また、砂の違いをみると細粒分を少し含む十勝砂が最も小さい G_1 となった。次に L と F_L の関係を図-5に示す。 F_L が大きくなるほど L は小さくなった。 $G_1/G_{0,i}$ と F_L の関係を図-6に示す。 F_L が小さくなるほど $G_1/G_{0,i}$ は小さくなった。

今回の実験では各砂とも供試体密度が2種類のみであったので今後さらに密度を変えて検討したいと考えている。

4. まとめ

豊浦砂、十勝砂、尾久砂など細粒分含有率が0~75%と異なる砂を用いて低拘束圧下での液状化強度及び液状化後の変形特性を比較した。その結果少し細粒分を含む十勝砂が液状化しやすく、また液状化後のせん断剛性も小さかった。

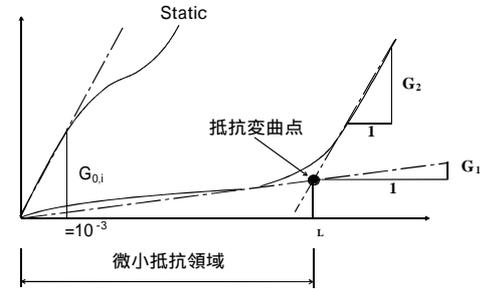


図-2 $G_1, G_2, L, G_1/G_{0,i}$ の定義

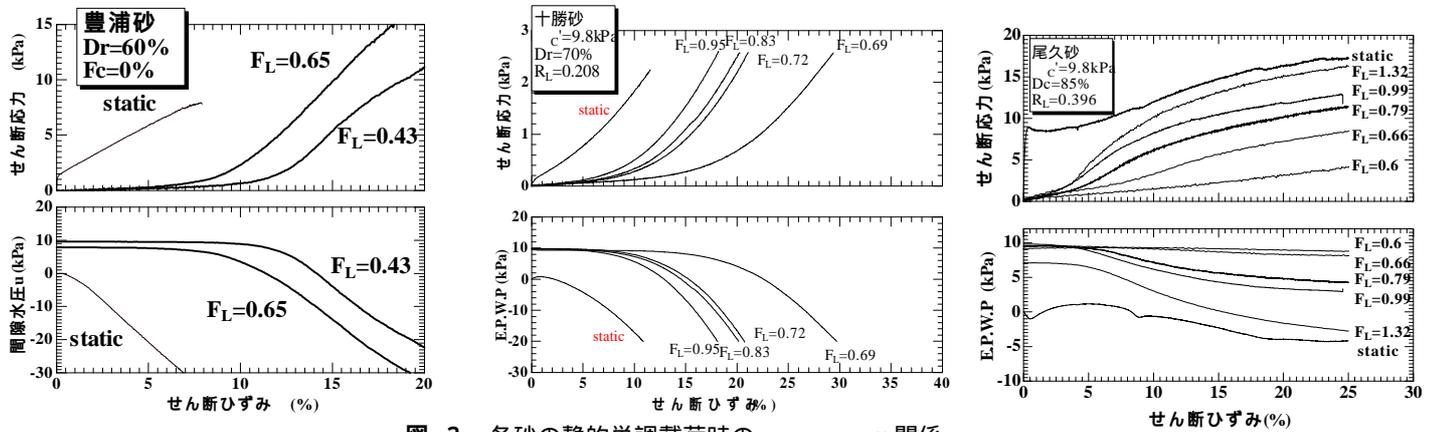


図-3 各砂の静的単調載荷時の $\sigma - \tau - u$ 関係

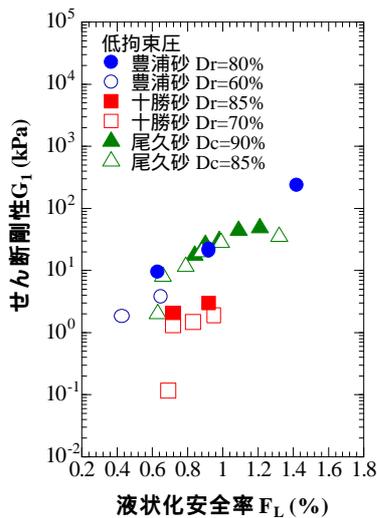


図-4 G_1-F_L の関係

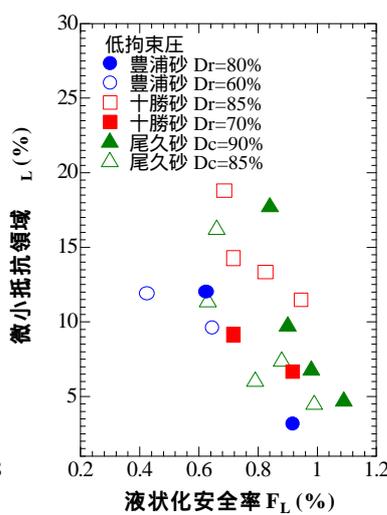


図-5 $L-F_L$ の関係

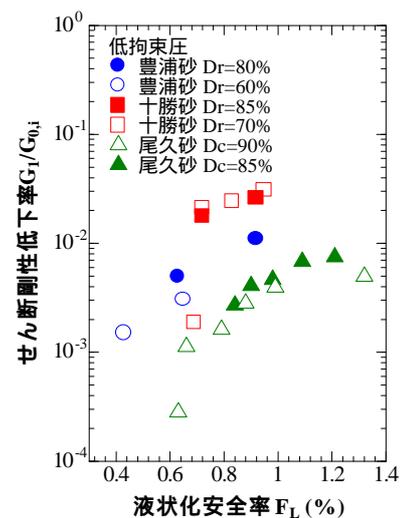


図-6 $G_1/G_{0,i}-F_L$ の関係

参考文献

- 1) 安田進、小宮真悟：砂質土の低拘束圧下における液状化後の変形特性、土木学会地震工学論文集、Vol.27, No.218, 2003.