

礫質土地盤の液状化特性に及ぼす非塑性細粒分・相対密度の影響

関西電力株式会社

正会員 ○岡市 明大

関西電力株式会社

正会員 大江 一也

京都大学

正会員 井合 進

和歌山工業高等専門学校

正会員 原 忠

1. はじめに

兵庫県南部地震をはじめ近年の地震では、粒度分布が良好で液状化し難いと言われてきた礫質土地盤の液状化被害が認められるようになった。このような礫質土地盤の液状化特性は砂質土地盤に比べて未だにデータの蓄積が少なく、施設の設計品質向上にはこれを実験的に解明することが不可欠となっている。そこで、地盤工学会基準¹⁾に準拠した繰返し三軸試験を実施し、非塑性細粒分含有率 F_c や相対密度 D_r が液状化特性に及ぼす影響を分析した。

2. 試料の粒度調整

用いた試料の粒径加積曲線を図1に示す。試料は締固め時の破碎を避けるために比較的新鮮な碎石を用い、既設の埋立地の平均的粒度、非塑性細粒分のばらつきを勘案して、最大粒径 53mm で非塑性細粒分含有率 0,5,10,15%の4種類の粒度分布に調整した。

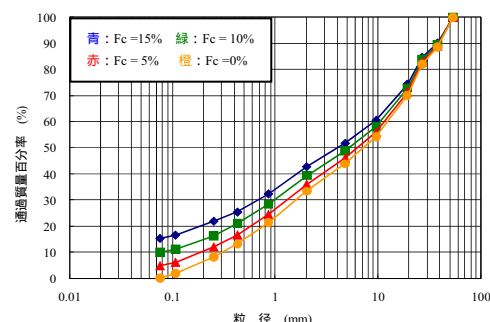


図1 粒径加積曲線

3. 供試体の密度設定

供試体の密度設定のため、埋立地の平均的粒度（最大粒径 53mm、非塑性細粒分含有率 10%）の飽和材料について、大型自動突固め装置で締固め試験を行った。埋立地盤を動圧密で改良する場合、その締固めエネルギーは最大 $1E_c$ （ 550kJ/m^3 ）程度と言われている²⁾。図2に示す締固め試験結果から、地盤改良なしケースとして締固めエネルギー $0.02E_c$ に相当する相対密度 80%、動圧密による地盤改良ケースとして締固めエネルギー $1E_c$ に相当する相対密度 115%を供試体の設定相対密度に定めた。なお、相対密度の計算は、礫の最小密度・最大密度試験の基準³⁾から求めた。

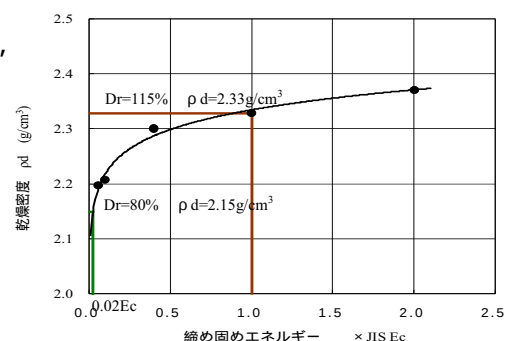


図2 締固め試験結果

4. 供試体作製および繰返し三軸試験方法

供試体作製は一般的な埋立現場の施工過程を想定し、予め負圧で吸引した飽和材料を水中で突固めて所定の相対密度の供試体を作製するウェットタンピング法によった。繰返し三軸試験は、供試体寸法 直径 30cm、高さ 60cm、初期有効拘束圧 100kPaとし、周波数 0.02Hzの正弦波軸応力を非排水条件で載荷して行った。なお、液状化強度評価におけるメンブレン貫入の影響については、試験前の微小振幅載荷時の間隙水圧計測によるシステムコンプライアンス補正⁴⁾を施した。試験ケースを表1に示す。

表1 試験ケース

目的	試験ケース	非塑性細粒分含有率 F_c (%)	相対密度 D_r (%)	摘要
非塑性細粒分の影響分析	a	0	80	・ F_c : 埋立地のばらつき考慮 ・ D_r : 地盤改良なし
	b	5		
	c	10		
	d	15		
相対密度の影響分析	e	10	80	・ F_c : 埋立地の平均的粒度 ・ D_r : 動圧密による地盤改良考慮
			115	

試験は、供試体寸法 直径 30cm、高さ 60cm、初期有効拘束圧 100kPaとし、周波数 0.02Hzの正弦波軸応力を非排水条件で載荷して行った。なお、液状化強度評価におけるメンブレン貫入の影響については、試験前の微小振幅載荷時の間隙水圧計測によるシステムコンプライアンス補正⁴⁾を施した。試験ケースを表1に示す。

5. 液状化強度特性

図3に試験ケース a から d の繰返し非排水三軸試験結果を示す。相対密度が等しい場合非塑性細粒分含有率が小さいほど、繰返し変化回数の低下に伴う繰返し応力比の変動が大きくなる。これらは、非塑性細粒分の減少により礫同士の噛み合わせがより発揮されやすくなるためと考えられる。また、非塑性細粒分含有率

キーワード 礫質土地盤、液状化特性、繰返し三軸試験、非塑性細粒分含有率、相対密度

連絡先 〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺 3-11-20 関西電力株式会社 電力技術研究所 TEL 050-7104-2506

が小さいほど液状化強度が増加する傾向は、粒度、供試体作製方法等が異なっているが、既往の研究成果⁵⁾とも類似している。なお、非塑性細粒分含有率 0%および 5%ケースでは、両振幅軸ひずみ DA が 1~2%以上でネッキングを生じたため、それ以上のひずみレベルでは急激に破壊が進行している。

図 4 に試験ケース c および e の繰返し非排水三軸試験結果を示す。非塑性細粒分含有率が等しい場合相対密度が高いケースでは、液状化強度曲線が、繰返し回数が 10 回以下の小さな範囲で急激に増加している。繰返し载荷回数 N_c が 20 回で定義された繰返し応力振幅比は、DA=5%の結果と比較した場合、相対密度 115%ケースでは 0.67 と相対密度 80%ケースの約 3 倍に増加しており、非塑性な細粒分を含むケースであっても動圧密による地盤改良効果がある程度得られることがわかる。

6. 変形特性

図 5 に試験ケース a から d の変形特性を求めるための繰返し三軸試験結果を示す。非塑性細粒分含有率の大小によらず、液状化過程の等価せん断剛性率比、履歴減衰率はほぼ同程度である。また、初期等価せん断剛性率は、非塑性細粒分含有率が小さい方が、若干大きい。

図 6 に試験ケース c および e の同様な試験結果を示す。相対密度の大小によらず、液状化過程の等価せん断剛性率比、履歴減衰率はほぼ同じである。初期等価せん断剛性率は、相対密度 115%のケースでは 163.9MPa と相対密度 80%ケースに比べ約 1.2 倍に増加している。

7. まとめと今後の計画

礫質土地盤の液状化特性について、主な因子の影響分析から得られた知見は以下のとおりである。

1) 液状化強度特性

- ・非塑性細粒分含有率が小さいほど液状化強度が大きい。
- ・礫質土の液状化強度は、非塑性な細粒分を含む場合においても、締固めエネルギーの増加とともに大きくなる。

2) 変形特性

- ・非塑性細粒分含有率や相対密度の大小によらず、液状化過程の等価せん断剛性率比、履歴減衰率はほぼ同程度である。

今後、地盤改良程度を変えた試験を追加し、地盤材料条件の違いによる差を体系的に分析・整理する予定である。

参考文献

- 1) 土質試験の方法と解説，地盤工学会，2000.9。
- 2) 液状化対策の調査・設計から施工まで，土質工学会，1993.2。
- 3) 新規制定地盤工学会基準・同解説，礫の最小密度・最大密度試験方法，地盤工学会，2006.10。
- 4) 田中幸久他，システムコンプライアンスによる砂礫の動的強度測定誤差の評価方法，電力中央研究所，1989.12。
- 5) 原忠他，非塑性細粒分を含む砂礫の非排水せん断特性，土木学会論文集 No.785/ -70,123-132，2005.3。

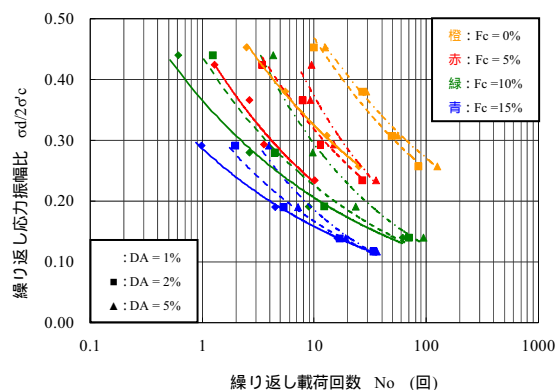


図 3 繰返し非排水三軸試験結果(Dr80%, Fc を変化)

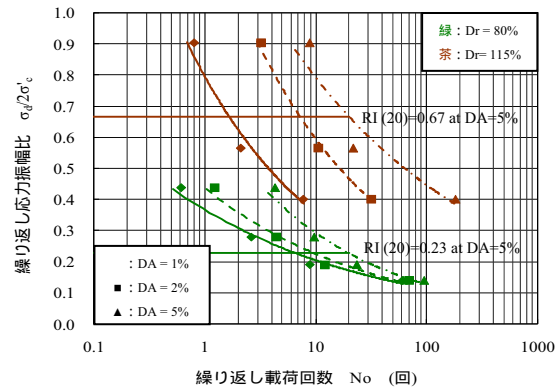


図 4 繰返し非排水三軸試験結果(Fc10%, Dr を変化)

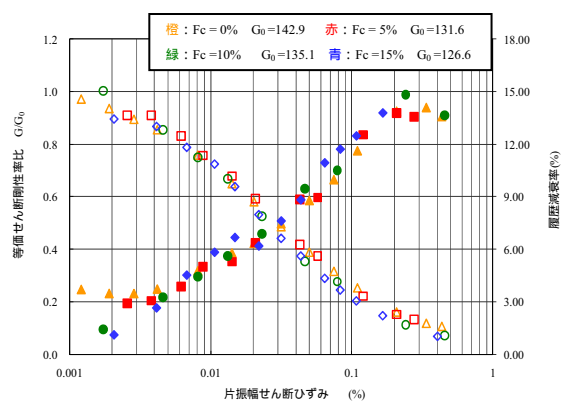


図 5 繰返し三軸試験結果(Dr80%, Fc を変化)

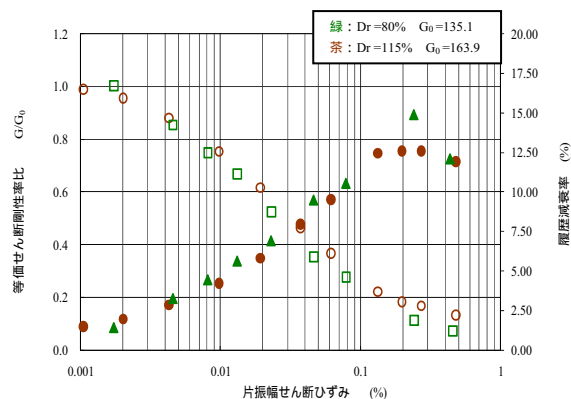


図 6 繰返し三軸試験結果(Fc10%, Dr を変化)