

浦安砂の液状化特性に過圧密効果が及ぼす影響

東京電機大学	正会員	石川 敬祐
東京電機大学	フェロー会員	安田 進
東京電機大学	学生会員	武田 陽
東京電機大学	学生会員	○金井 勇介

1.目的

東日本大震災での液状化による地盤被害は、東京湾岸の埋立地に広範囲に確認された。千葉県浦安市でも液状化による被害が多く確認された。筆者らは震災後の浦安市において、地下水位と戸建て住宅の被害の関連したアンケート調査や地下水位測定を行い検討してきた¹⁾。また、千葉県では市街地液状化対策事業による地下水位のモニタリングによって浦安市の地下水位変動が降水量の多い時期と少ない時期で 0.8m 変動する傾向にあることがわかっている²⁾。このとき地盤内では、応力の変化により過圧密状態となることが考えられる。筆者らは地下水位変動による過圧密効果(過圧密回数, 過圧密比)が液状化特性に影響を与えたことをエネルギー的解釈も踏まえ確認している³⁾。

本研究では、地下水位低下工法を採用した際の水位変化等の要因に伴い地盤内応力が変化したことを想定し、その過圧密効果が液状化特性に与える影響をエネルギー的な解釈によって評価した。

2.液状化試験概要

試料には、東日本大震災で液状化した浦安市の噴砂を用いた。浦安砂は細粒分を含むため水中で 75 μ m ふるいによって細粒分を洗い流し、粒度調整している。試験に用いた浦安砂の粒度特性を図 1 に示す。

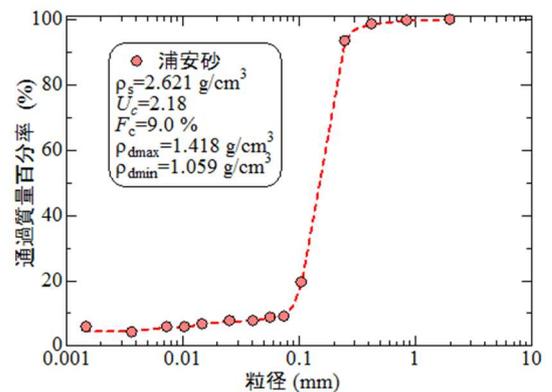


図 1 粒径加積曲線

表 1 供試体の圧密条件

OCR	圧密時間(総計)	圧密工程(kPa)
1.0	1時間	50
1.4	3時間	50 → 70 → 50
2.0	3時間	50 → 100 → 50
2.6	3時間	50 → 130 → 50

液状化試験は繰返し三軸試験装置を用いて実施した。供試体寸法は高さ 10cm, 直径 5cm とした。供試体作成方法は不飽和振動法を用い、相対密度 50%とした。試験時の有効拘束圧は 50kN/m² とし、背圧は 200kN/m² とした。各供試体の圧密条件を表 1 に示す。OCR=1.4, 2, 2.6 の圧密時間は、圧密応力を変化させる度に 1 時間圧密を行っているため圧密時間が 3 時間となっている。載荷条件は、0.1Hz の正弦波による応力制御とした。

3.試験結果の考察

過圧密終了後の各供試体の体積変化は少なく、各供試体の過圧密比の違いによる供試体の大きな密度変化は起きていなかった。浦安砂に対する過圧密比の違いによる液状化試験結果を図 2 に示す。図中のプロットは両振幅軸ひずみが 5%に達した時点の繰返し回数と応力比の関係である。また、図中の液状化強度比 (R_{L20}) は、繰返し回数が 20 回の繰返し応力比と定義している。図より OCR の増加とともに液状化強度が増加していることがわかる。過圧密した供試体の R_{L20} を正規圧密供試体の R_{L20} で除した値を過圧密による液状化強度増加率 R_{oc} として整

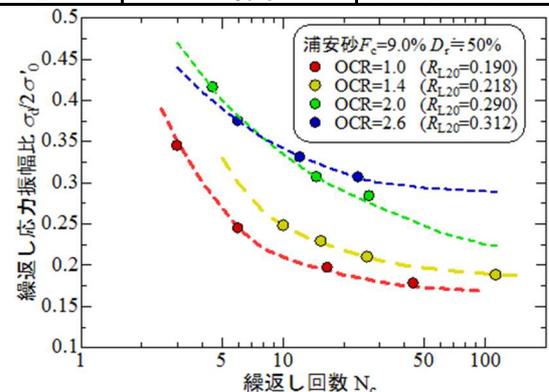


図 2 液状化強度曲線

キーワード 過圧密効果, 液状化特性, エネルギー

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-5819

理したものを図3に示す。図3には、木村ら⁴⁾の試験結果も併記する。浦安砂は過圧密比の増加に伴って R_{L20} は増加し、細粒分を含むため粒径幅が広く、浅間山砂と似たような増加傾向になった。

次に、上述した浦安砂による各供試体の液状化試験時の応力ひずみ関係より、基準化累積損失エネルギー ($\Sigma\Delta W/\sigma'_c$) や基準化累積ひずみエネルギー ($\Sigma W/\sigma'_c$) を國生の方法⁵⁾に従い算定している。図4は基準化累積損失エネルギーと両振幅軸ひずみの関係である。 $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ は、各履歴ループの面積を累積し有効拘束圧で除して算出したものである。これより、正規圧密状態である $OCR=1.0$ の $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ と軸ひずみ関係では、ほぼ同じ経路で累積損失エネルギーに対して単調増加する傾向となり國生らの傾向と同様であった。一方、過圧密状態となる $OCR=1.4\sim 2.6$ では、正規圧密状態のようにほぼ同じ経路で単調増加するとは限らない結果となった。さらに、正規圧密状態の基準化累積損失エネルギーは、試験方法の違いによらず同一試料であれば一様の値になるが、過圧密履歴を受けると累積損失エネルギーは繰返し回数、過圧密比の影響を受け異なることがわかる。また、基準化累積ひずみエネルギーも同様の傾向になることを確認した。

図5に基準化累積損失エネルギーと基準化累積ひずみエネルギーの関係を示し、國生の基準化累積ひずみエネルギーの近似曲線も併記した。図より本実験で求めた基準化累積エネルギーと基準化ひずみエネルギーは比例関係にあることがわかる。しかし近似曲線と比較すると、過圧密履歴を受けた影響によるものか傾きが少し異なる傾向になった。

図4にて、各供試体の繰返し回数によって累積損失エネルギーが一様でないことがわかったため、図6は繰返し回数 N_C の影響を整理したものを示す。液状化に対する安全率 F_L は、供試体の液状化強度比 (R_{L20}) を各供試体の繰返し回数に対する応力比 (R_d) で除した値である。これより文献³⁾と同様、過圧密効果により F_L が 1.0 を超えるあたりから累積損失エネルギーは大きくなるが、 F_L が 1.0 を下回ると過圧密効果が減少する傾向となった。

4.まとめ

三軸試験装置を用い、過圧密効果を加えた浦安砂の液状化試験を実施したところ、過圧密比を変化させたことで國生のエネルギー的解釈による評価と、損失エネルギー・ひずみエネルギーの傾向が異なるがわかった。

【参考文献】 1)石川ら：自由地下水位の違いが液状化時の戸建て住宅の被害に与える影響，地盤工学特別シンポジウム—東日本大震災を乗り越えて，No.64，2014，pp527-534. 2)安田ら：地下水位低下が戸建て住宅の液状化対策に与える効果，日本地震工学会論文集，Vol.15，No.7(特集号)，2015，pp.205-219. 3)石川ら：地下水位変動による拘束圧の変化が砂質土の液状化特性に及ぼす影響，第52回地盤工学会研究発表会，2017。(投稿中) 4)木村ら：長期圧密及び過圧密された2種類の砂の三軸液状化強度，第21回土質工学会研究発表会，No. 225，1986. 5)國生剛治：エネルギーによる液状化判定法の適用性検討とFL法との比較，地盤工学ジャーナル，Vol.8，No.3，2012，pp.463-475.

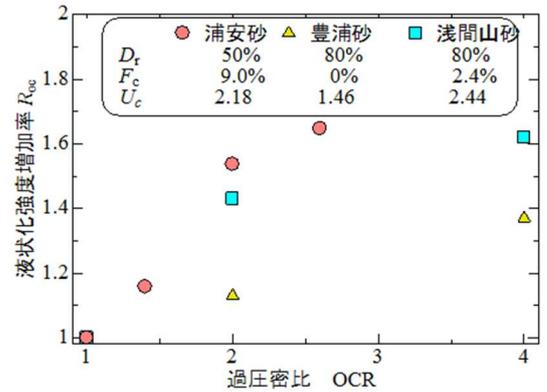


図3 過圧密比による液状化強度増加率

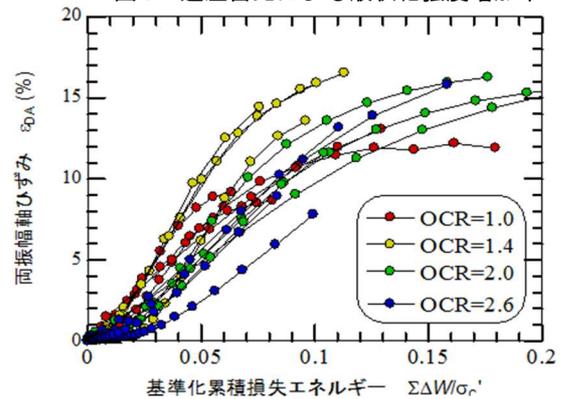


図4 $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ と両振幅軸ひずみの関係

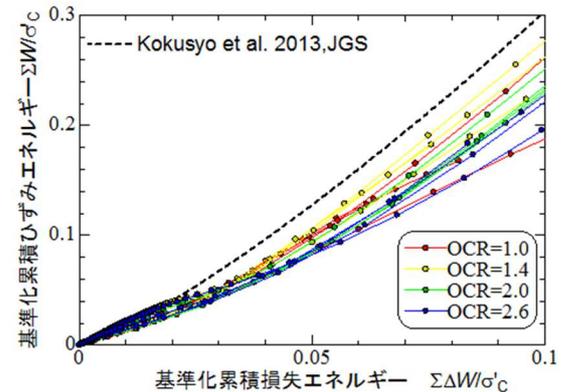


図5 $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ と $\Sigma W/\sigma'_c$ の関係

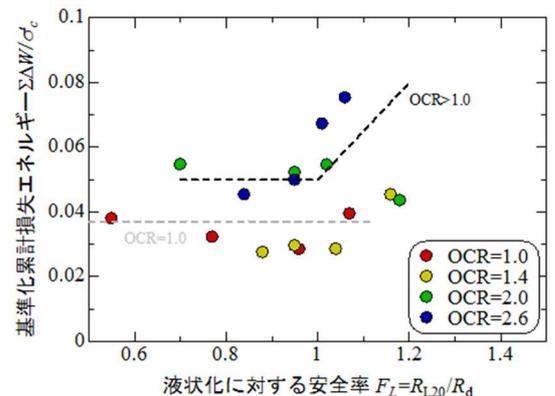


図6 F_L と $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ 関係(過圧密履歴)