継続時間の長い不規則荷重を受ける砂質土の液状化特性

九州工業大学大学院	学生会員	○岩國英紀	遠藤正悟
九州工業大学大学院	正会員	永瀬英生	廣岡明彦

1. はじめに: 2011 年東北地方太平洋沖地震での地震動には、継続時間が非 常に長いという特徴があり、そのことは液状化の程度が大きくなった原因の一 つであると考えられている。そのため、このような特徴が液状化特性に及ぼす 影響を調べることは重要であると思われる。そこで本研究では、継続時間の長 い不規則荷重を受ける砂質土の液状化特性などについて検討した。

2. 試料および実験方法: 試料には、豊浦砂および、博多湾で浚渫されアイ ランドシティ埋立に用いられている細粒分含有率 F_C=65%の粘性土を、F_C=10% に粒度調整したもの(博多湾浚渫土)を用いた。各試料の粒径加積曲線を図1に 示す。供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落 下法により所定の相対密度になるように作製した。圧密方法としては K₀圧密 で圧密時における側方ひずみを±0.05%以内に収まるように側圧にて制御し、正 規圧密および過圧密を行った。このとき、過圧密比(OCR), は最大鉛直有効応 力を繰返し載荷時の鉛直有効応力で除した値と定義した。繰返し載荷には正弦 波形と図 2 に示す浦安市で観測された東方地方太平洋沖地震波形の時間軸を 20 倍したものを用いた。本研究では正弦波荷重と不規則荷重を用いるため、 液状化発生の判断はそれぞれ両振幅せん断ひずみ DA=7.5%と片振幅せん断ひ ずみ SA=3.75%のときとした。

3. 初期低振幅波形の影響について: 地震波形のピーク前にある低振幅波形 (50~90s)の影響を調べるため、50~160s と 90~160s 間の波形を用いて不規則 荷重による繰返し試験を行った。得られた繰返し応力比と片振幅せん断ひずみ の関係を図3に示す。この図より、2つの地震波形を与えたとき、両者の関係 に差がないことが確認でき、初期低振幅波形にあたる部分による液状化特性へ の影響はほとんどないことがわかる。そのため、これ以降は 90~160s 間の波 形を用いて実験を行うこととした。

4. 細粒分による影響について: 不規則荷重を用いた場合の豊浦砂における 繰返し応力比 R と片振幅せん断ひずみγの関係を図4に示す。このとき、液状 化強度比は0.203 である。また、図3より博多湾浚渫土を用いたときの液状化 強度比は0.221 であり、細粒分を含む博多湾浚渫土の方が液状化強度比は大き いことがわかる。また、図3と図4を比較して見ると、豊浦砂では急激にひず みが生じているのに対し、博多湾浚渫土では多少緩やかなひずみの発生傾向を



示している。これは細粒分による粘着抵抗がせん断ひずみの発生に対して発揮されたためと考えられる。

5. 過圧密効果について: K₀圧密後に過圧密比(OCR)_v=2の過圧密履歴を与えた博多湾浚渫土の繰返し応力比 R と片振幅ひずみγの関係を図5に示す。図5より、(OCR)_v=2での液状化強度比は0.321であり、(OCR)_v=1での値 より大きい。これより、継続時間の長い地震であっても液状化対策として過圧密履歴を与えることは効果がある ことがわかる。

キーワード: K₀圧密 ねじりせん断試験 液状化強度 過圧密 東北地方太平洋沖地震 連絡先:〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL: 093-884-3111

-37-

6. 継続時間を考慮した液状化判定について: 継続時間の長い地震が発生し たとき、これまでの地震の場合と同様に液状化判定を行うと、正確に判定でき ない可能性がある。これは継続時間が長い分、波数が多いため液状化の発生が 起こりやすくなることが予測されるからである。そのため、より正確な液状化 判定を行うために、液状化強度に関する補正係数を適切に設定する必要がある。 そこで、博多湾浚渫土において、図3、5および正弦波荷重での繰返し試験の 結果を用い、補正係数 Cwを求めた。ここに、補正係数 Cwは表1で示すよう に、繰返し三軸試験で得られる液状化強度比から地震時せん断応力比を求める ための係数である。その結果、博多湾浚渫土において(OCR)_v=1 のとき正弦波 荷重での繰返し試験より得られた液状化強度比が 0.156 であるので、地震波の 不規則性に対する補正係数である C₂=0.221/0.156=1/0.706 となり、補正係数 C_w =0.949 となる。また、(OCR)_v=2 のときも同様に、正弦波荷重での繰返し試験 より得られた液状化強度比が 0.244 であるので C₂=1/0.760 となり、C_w=0.882 となる。そのため、この2つの結果より、継続時間の長い地震のときは補正係 数として既往値である Cw=1.00 を設定するのではなく、Cw=0.90 を設定する方 がより正確な液状化判定ができるのではないかと考えられる。ただし、豊浦砂 では(OCR)v=1 のとき正弦波荷重での繰返し試験より得られた液状化強度比が 0.129 であるので C₂=1/0.635 となり、 C_w=1.055 となった。これは図 4 で見ら れたように液状化してから急激にせん断ひずみが増加するからと考えられる が、これについては今後の課題としたい。

7. 液状化層・非液状化層の関係について: 地震により地表面で噴砂等の地 盤変状が起こる場合の液状化層の厚さと非液状化層の厚さの関係が石原¹⁾に より求められている。その結果を図6に示す。ただし、この図では継続時間の 長い地震については考慮されていないと考えられる。そこで継続時間の長い地 震について考慮するため、上記より得られた C_w=0.90 と仮定し、液状化判定 プログラム(CKC-Liq)により東北地方太平洋沖地震で発生した地震動を浦安市 と千葉市の柱状図³⁾より得られた各モデル地盤に与えて液状化解析を行った ところ、図7のような結果が得られた。この図から、図6の最大加速度 200Gal の線(実線)と、今回の解析結果に基づいた、最大加速度 157.3Gal の線(破線)が ほぼ一致することがわかる。これより、継続時間が長い地震の場合、地表面で の地盤変状を防ぐためには表層の厚さを通常の地震時より厚く設定する必要 があることがわかる。





بالمنظفة

8. 結論: 本研究では、継続時間の長い不規則荷重を受ける砂質土の液状化特性を調べ、その結果を用いて液状 化判定を行い、さらに液状化被害に関する検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。すなわち、1)継 続時間の長い地震波形を用いた場合、液状化強度に関する補正係数は博多湾浚渫土を用いた場合、(OCR)_v=1のと き C_w=0.949、(OCR)_v=2のとき C_w=0.882 であり、豊浦砂を用いた場合、C_w=1.055 である。2)継続時間の長い地 震の場合、補正係数 C_w=0.90 とすると液状化判定の精度が向上すると考えられる。3)継続時間の長い地震の場合、 地表面での地盤変状を防ぐために表層の厚さを通常の地震時よりも厚く設定する必要がある。

参考文献

1) 社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, pp.108, 1993.

2) 石原研而: Stability of Natural Deposits during Earthquakes, 11th Int. Conf. on S.M.F.E., Vol.1, pp.321~376, 1985.

3) 千葉県地質環境インフォメーションバンク, http://wwwp.pref.chiba.lg.jp/pbgeogis/servlet/infobank.index, 2012.

-38-