

東急建設(株)技術研究所 正員 越智 健三
 同上 正員 岡本 正広
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

1. はじめに

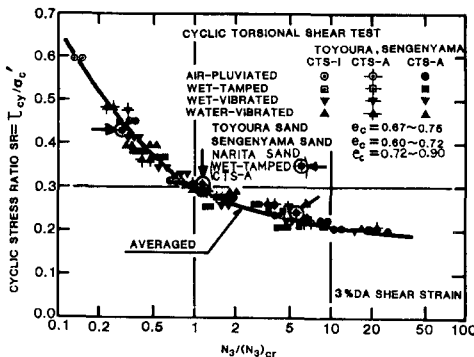
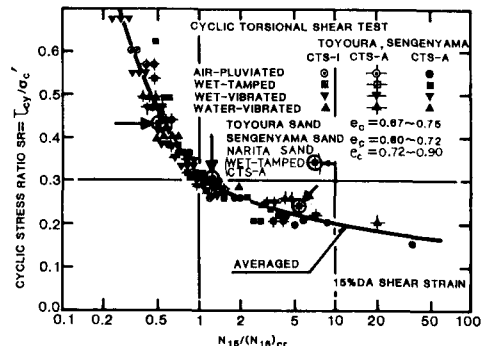
原位置の地震時の単純せん断液状化強度を推定するには、原位置の有効応力状態で圧密した供試体で、繰返し単純せん断試験を行う方が、三軸試験の結果から予測するよりはるかに直接的である。しかし、試験が簡単で標準化しやすい、精度が均一などの理由で、三軸試験は、現在、最も普及しており、また今後も多く行われるであろうことが予想される。したがって、三軸強度と単純せん断強度の関係を調べておくことは、非常に重要な問題となる。筆者らも過去に、三軸試験と中空ねじりせん断試験を行い、両者の関係を、正弦波繰返し回数20回における応力比の比較という従来からの応力比に基づいた方法で調べた¹⁾²⁾。その結果、この関係は、同一の相対密度においても砂の種類によつて、また、同一の砂の同一の相対密度においても試料作成法によつて、特に密な領域において相当異なる関係となり、一貫した法則性は見られないことが分かった。¹⁾²⁾

一方、筆者らは、不規則波に対する液状化強度を、従来の応力比に基づく補正係数を用いずに推定する方法を提案した。²⁾³⁾⁴⁾ その結果、正弦波荷重に対する液状化強度を限界繰返し回数 $(N_c)_{cr}$ で表現すると、不規則波に対する強度 SR_{max}^* との関係が単純で明確になり、また、正弦波に対する強度曲線 $SR \sim \log N_c$ 関係が与えられれば、この不規則波に対する強度 SR_{max}^* は、半パルスを用いる累積損傷度理論⁵⁾よくシミュレーションできることが分かった⁴⁾。この方法では、正弦波に対する $SR \sim \log N_c$ 関係の曲線の形が、非常に重要となり、砂の種類によつて、特に不攪乱砂について、どのような形となるのか十分判明している必要がある。また、前述した三軸試験の利用度の高さから、三軸試験から得られた $SR \sim \log N_c$ 関係が、ねじりせん断試験などの単純せん断試験による $SR \sim \log N_c$ 関係の形を適切に評価しているかどうかを調べる必要がある。さらに、この $SR \sim \log N_c$ 関係の形が、三軸試験から予測できれば、不攪乱供試体成形上の理由などからも非常に便利なものとなる。

そこで、本研究では、報文¹⁾²⁾における実験結果及び不攪乱成田砂の実験結果から、ねじりせん断試験と三軸試験の $SR \sim \log N_c$ 関係の形 ($SR/(SR)_{cr} \sim \log N_c / (N_c)_{cr}$ 関係)を比較した。

2. 三軸試験とねじりせん断試験における $SR \sim \log N_c$ 関係の形状の比較

図1図2は、ねじりせん断試験における結果から、それぞれ、せん断ひずみ3%、15%に対して、応力比 $SR = \tau_{cy}/\sigma'_c$ と限界繰返し回数 $(N_3)_{cr}$ 、 $(N_{15})_{cr}$ で正規化した繰返し回数の関係を示したものである。少なくとも、三種類の砂(豊浦砂・浅間山砂・成田砂)の四種の試料作成法(ただし、成田砂はWTのみ)に対して、ねじりせん断試験から得られる $SR \sim \log N_c / (N_c)_{cr}$ 関係の形は、あまり差がなく、一義的に決定してもよさそうである。

図1. $SR \sim \log N_3/(N_3)_{cr}$ 関係図2. $SR \sim \log N_{15}/(N_{15})_{cr}$ 関係

そこで、図1図2のねじりせん断試験における平均曲線を用い、ねじりせん断試験と同一の砂、同一の試料作成法による三軸試験の結果と比較した。図3には、軸ひずみ2%の結果を、図4には、軸ひずみ10%の結果を示す。また、図3図4には、中国福建砂の結果も示してある⁵⁾。これらの図は、三軸 $(SR)_{cr} = (\sigma_p/20\%)_{cr} = 0.23$ 、ねじり $(SR)_{cr} = (\tau_{cy}/\sigma_{cr})_{cr} = 0.3$ で応力比SRを正規化してある。図3より、いわゆる初期液化に概略一致する軸ひずみ2%に対しては、ねじりせん断試験の $SR/(SR)_{cr} \sim \log N_c/(N_c)_{cr}$ 関係の差は、あまり大きくはない。ところが、図4の軸ひずみ10%に対しては、試料作成法により、三軸試験の $SR/(SR)_{cr} \sim \log N_c/(N_c)_{cr}$ 関係の形がかなり異なってくる。すなわち、空中落下法では、 $\log N_c/(N_c)_{cr} < 1$ における勾配 $|\partial(SR/(SR)_{cr})/\partial \log N_c/(N_c)_{cr}|$ は、三軸の方がねじりより大きく、他の試料作成法では、逆に、勾配が小さくなっている。

一方、不攪乱成田砂で図3図4と同様のことを調べたのが図5図6である。この場合、 $(SR)_{cr}$ を三軸で0.28、ねじりで0.45とした。これらの図から、軸ひずみ2%・10%ともに、 $\log N_c/(N_c)_{cr} < 1$ における勾配は、三軸の方がねじりに比べて相当小さくなっている。

以上のように、空中落下法を除き、 $\log N_c/(N_c)_{cr} < 1$ における勾配 $|\partial(SR/(SR)_{cr})/\partial \log N_c/(N_c)_{cr}|$ は、三軸試験の方が、ねじりせん断試験より小さい。このことは、三軸試験による $SR \sim \log N_c$ 関係を用いて、地震動の不規則性が液状化強度に与える影響を、累積損傷度理論でシミュレーションすると、実際よりも過小評価する恐れがあることを示唆している。空中落下法では、逆に、不規則性の影響を過大に評価する。

3. まとめ

三軸試験とねじりせん断試験の $SR \sim \log N_c$ 関係の形状を比較した結果、空中落下法を除く室内締め試料及び不攪乱成田砂での $\log N_c/(N_c)_{cr} < 1$ における勾配 $|\partial(SR/(SR)_{cr})/\partial \log N_c/(N_c)_{cr}|$ は、三軸試験の方が小さい。空中落下法では、逆に、勾配が大きくなる。したがって、三軸試験の $SR \sim \log N_c$ 関係を用いて、地震動の不規則性が液状化強度に与える影響をシミュレーションすると、妥当な結果を与えない。

(参考文献) 1) TATSUOKA, F., OCHI, K. and FUJII, S. (1984): EFFECT OF SAMPLE PREPARATION METHOD ON CYCLIC UNDRAIN DRAIN STRENGTH OF SAND IN TRIAXIAL AND TORSIONAL SHEAR TESTS, Bull. ERS, No. 11. 2) 越智・龍岡・山本(1984): ねじりせん断液状化強度と三軸液状化強度の関係について, 第19回土質工学会。3) 越智・龍岡(1984): 埋立砂地盤の液状化防止地中震害の調査方法について, 砂質土と砂地盤の震害・破壊現象の調査・評価シンポジウム。4) 龍岡・越智(1985): ランダム振動に対する砂の液状化強度の推定法について, 第20回土質工学会。5) 越智・龍岡・王(1984): 中国福建埋立砂の三軸試験による液状化強度, 生産研究, 36巻8号

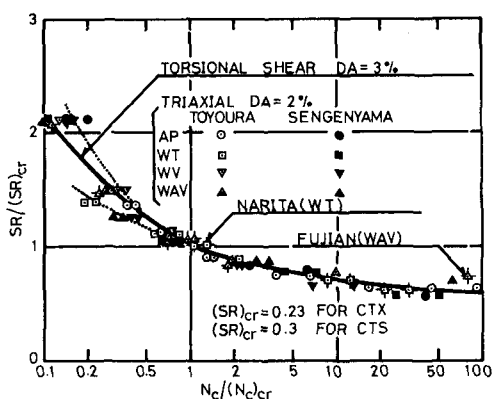


図3. $SR/(SR)_{cr} \sim \log N_c/(N_c)_{cr}$ 関係 (DA=2%)

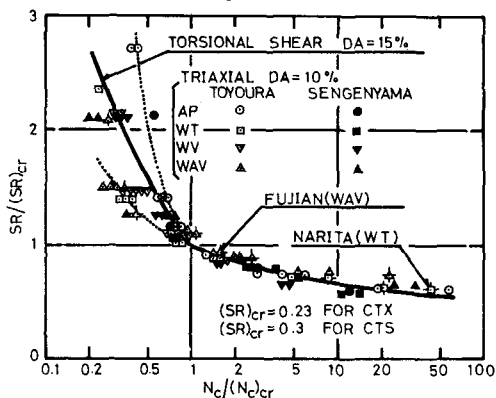


図4. $SR/(SR)_{cr} \sim \log N_c/(N_c)_{cr}$ 関係 (DA=10%)

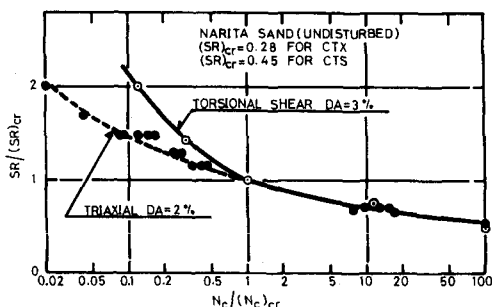


図5. 不攪乱成田砂の関係 (DA=2%)

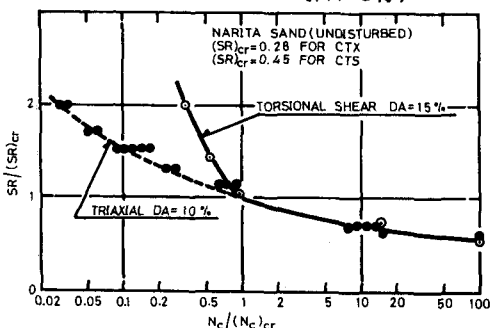


図6. 不攪乱成田砂の関係 (DA=10%)