刈羽から採取した砂の液状化強度特性

(独)日本学術振興会	正会員	中村 公一
長岡技術科学大学大学院	学生会員	高田 晋
長岡技術科学大学	正会員	豊田 浩史

1. はじめに

平成 19 年 7 月 16 日午前 10 時 13 分頃に発生した新潟県中越沖地震 では,主に砂丘や自然堤防堆積物からなる宅地において液状化の発生に よる被害が多くみられた. 刈羽村稲葉地区周辺の地図を 図1 に示す. 稲 葉地区は中越地震時にも液状化が発生し,多数の家屋に被害が発生して いる. この付近は荒浜砂丘砂層 (新期砂丘堆積物)の末端部に位置し,地 下水位が高いことから,液状化が発生しやすいと考えられてる. 図 2 に 図1 に示した A-A', B-B'の断面図を示す. 図1 に示す〇に対応するポ イントで被害が顕著であったが, 図2中の〇に対応している. 各〇地 点の左側の斜面の斜度は,約12 度であった.

本研究では、刈羽村稲葉地区(B-B'の断面の〇付近)から採取した砂 に対して繰返し非排水三軸試験¹⁾、繰返し定体積一面せん断試験を行っ た.また、繰返し定体積一面せん断試験では、初期せん断応力を載荷し た状態からの繰返し試験も行った.

繰返し一面せん断試験の利点は、以下の点があげられる^{2),3)}.繰返し 非排水三軸試験は、軸対称条件下で等方応力から軸方向に繰返し載荷す るため、実際の地盤内での応力・変形状態とはかなり異なる.一方,一 面せん断試験は実地盤と同様に一次元圧密・平面ひずみ条件に近いと考 えられ、水平方向にせん断力を繰返し載荷できる.また、試験法が簡便 ではあるが、ある面を強制的に変形させるため、ひずみを定義できない という欠点も有している.本研究では、採取した試料に対し、繰返し非 排水三軸試験では豊浦砂との比較を行い、繰返し定体積一面せん断試験 では斜面での液状化を考え、初期せん断応力を載荷した状態から繰返し せん断を行う.

2. 試験試料

試験に用いた試料は、刈羽村より採取した砂(以降、刈羽砂)の2mm 通過分と、豊浦砂を用いた.図3に、各試料の粒径加積曲線、土粒子密度、 最大最小間隙比を示す.図3より、豊浦砂は土粒子密度が2.65g/cm³と なっており、ほぼ中砂で構成された、純粋な砂であることがわかる.刈 羽砂は豊浦砂と比べて、土粒子密度、最大最小間隙比ともに大きい値を 示している.また、細粒分がほとんど含まれていない砂である.

3. 試験方法, 試験条件

原位置の試料はほとんど固結していなかったため、原位置の相対密度 (Dr=44%)と一致させるように、室内で再構成した.供試体作成方法 は、三軸試験(直径 5cm,高さ 12cm)・一面せん断試験(直径 6cm,高 さ 2cm)ともに乾燥堆積法によりモールドまたはせん断箱へ堆積させ、 所定の間隙比となるように打撃により調整した.繰返し三軸試験は、供 試体作製後二重負圧法により飽和作業を行い、試験条件は背圧 200kPa, 平均有効主応力 p'=100kPa,軸ひずみ速度 0.12%/min、繰返し軸差応 力 20kPa,23kPa,30kPa の 3 ケースを行った.繰返し一面せん断試験 は、供試体作成後そのまま乾燥状態で試験を行い、試験条件は鉛直応力 σ_v =100kPa,せん断ひずみ速度 0.1mm/min、繰返しせん断応力 10kPa, 15kPa,20kPa にて行った.また、繰返し一面せん断試験では、初期せ



キーワード:液状化,繰返しせん断,砂質土

連絡先:〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系, E-Mail: toyota@vos.nagaokaut.ac.jp, Tel: 0258-47-9619

ん断応力を載荷した状態からの試験も行った.初期せん断応力は、 $\tau_i=10$ kPa と $\tau_i=20$ kPa とした.

4. 試験結果

(1) 繰返し三軸試験

刈羽砂の有効応力-軸差応力関係と軸ひずみ-軸差応力関係を図4 と図5に示す.また、図8に刈羽砂と豊浦砂のDA=1%時の液状化強 度曲線を示した.図4より、最初の伸張載荷によって大きく間隙水圧が 発生し、有効応力が減少している.図5にみられるように、供試体が一 旦液状化すると急激にひずみが増大し、DA=1%と同じ回数でDA=5% 以上に進展している.この挙動から刈羽砂は、豊浦砂と同様にD_r=44% では緩い供試体の液状化挙動を示す試料であることがわかる.図8よ り、相対密度が等しい場合、液状化強度は豊浦砂より刈羽砂の方が強い ことがわかる.

(2) 繰返し一面せん断試験

刈羽砂の有効鉛直応カーせん断応力関係とせん断変位-せん断応力 関係を図6と図7に示す.また、図8に繰返し変位振幅または残留 (累積)変位が $\delta=1$ mmとなった時を液状化とした液状化強度曲線を示 した.図4と図6より、繰返し一面せん断試験での応力径路は、繰返 し載荷とともにサイクリックモビリティに至っている.また図5と図 7より、繰返し一面せん断試験でのせん断変位-せん断応力関係は、伸 張方向に卓越する三軸試験とは違い、ほぼ対称な履歴曲線を示す.これ は既往の研究結果³と同様である.

図 6 より、 τ_i =10kPa・ τ_i =20kPa は τ_i =0kPa と異なり、除荷側で大き く有効鉛直応力が低下する傾向にある.また、せん断応力が正負反転す る τ_i =10kPa では、1 振幅での有効鉛直応力低下量が大きい.また、図 7 では、試験条件によって明確な差がでている、 τ_i =0kPa は上述のよう に正負ほぼ対称に変位が進展する.それに対し、 τ_i =10kPa・ τ_i =20kPa は初期載荷の方向に変位が進展する.ここでせん断応力の反転がある τ_i =10kPa は、せん断応力の反転がない τ_i =20kPa より変位の進展がは やいことが 図 7 からわかる.

図8に、繰返し定体積一面せん断試験より得られた液状化強度曲線 を示す.図8に示すように、繰返し定体積一面せん断試験の方が、繰 返し三軸試験より強い液状化強度が得られた.初期載荷がある条件の $\tau_i=10$ kPa・ $\tau_d=10$ kPa, $\tau_i=10$ kPa・ $\tau_d=20$ kPaは初期載荷がない条件と比 較して、液状化強度曲線の傾きが緩くなる.特に繰返し振幅が小さい ときは、液状化判定まで多くの繰返し載荷を必要とするが、繰返し振幅 が大きくなると、初期せん断なしより少ない繰返し回数で液状化に達 する.

5. 結論

以上の検討により,稲葉地区の斜面においては,繰返しせん断応力が 正負反転するような大きな地震のもとでは,平地より液状化強度が弱く なることが考えられる.

参考文献

土質試験の方法と解説-第一回改訂版-,地盤工学会,pp.635-654,2000.
大島,他:繰返し定体積一面せん断試験機の試作,第33回地盤工学研究発表会,p.719-720,1998.

3) 大島,他:砂の繰返し定体積一面せん断試験と繰返し非排水三軸試験の比較, 第33回地盤工学研究発表会, p.721-722, 1998.

