中空ねじり試験機を用いた低拘束圧下での飽和硅砂7号の繰返し変形特性

八戸工業高等専門学校 学生会員 〇平川巧都 八戸工業高等専門学校 正会員 清原雄康

1 はじめに

砂質土の地震時挙動の把握のために多く用いられ る繰返し三軸試験は,圧縮側と伸張側ですべり面角 度が変化し実地盤の応力状態を再現するのが難しい. 本研究では繰返し中空ねじり試験を実施し,低拘束 圧下での砂質土の変形特性を把握し繰返し三軸試験 との比較考察を行う.

2 試験方法

図 1 に本研究で使用する中空ねじり試験機の概略 を示す.供試体サイズは外径 100mm,内径 60mm, 高さ 100mm のものを用いる(写真 1).

供試体の鉛直方向の変位は軸変位計を,体積変化 量はビュレットの目盛りの増加量で測定する.実験 試料は7号硅砂(最大間隙比 emax:1.237,最小間隙比 emin:0.732,土粒子密度 ps:2.642)である.

相対密度 60%を目標に供試体作製したが,充填の 結果,表1に示す結果となった.初期セル圧 σ_c :20kPa をかけた後,飽和化を促進するため,CO₂通気,脱気 水通水を行った.背圧 u_b :100kPa をかけ,排水コック を開けた状態で σ_c :40kPa で等方圧密した.圧密後の 試料性状も表1に示す.また,圧密前に排水コック を閉めた状態で測定したB値は0.94であった.その 後,表2に示すように τ_d :0.05~11.0kPa まで10段階 に分け,各段階終始非排水状態で11波ずつ繰返しせ ん断力を0.1Hz で載荷した.

3 試験結果

図2に経過時間に対するせん断応力 τ , せん断ひず み γ , 間隙水圧uの変化を示す. せん断ひずみは, 9 段階目まで亜弾性体的な挙動を示し, 10 段階目では 軸力が徐々に減少するとともにせん断ひずみも増加 し, 第11 波で(γ)sa:1.2%と大きく増加した.

間隙水圧は,8段階目までは徐々に上昇し,9段階 目で傾きが大きくなり,おおよそ22kPaまで上昇し





図 1 試験装置概略

写真 1 供試体

表 1 試料性状

$\sigma_{\rm c}({\rm kPa})$	供試体作製時			圧密過程後		
	$\rho_{\rm d}({\rm g/cm^3})$	е	<i>D</i> r(%)	$\rho_{\rm d}({\rm g/cm^3})$	е	<i>D</i> r(%)
40	1.392	0.898	67.1	1.407	0.878	71.1

表 2 繰返しせん断試験の条件



た.10段階目では、せん断ひずみが増大したと同時 に間隙水圧は34kPaまで増加し、過剰間隙水圧比は

キーワード 中空ねじり試験 液状化 変形特性 硅砂 連絡先 〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16番地1 八戸工業高等専門学校 TEL0178-27-7367 0.86 となった.

図3に3,6,10段階目での応力ひずみ関係を示す. 9段階目までは、応力ひずみ関係が閉じたループを描き、亜弾性体的な挙動を示した.10段階目では塑性 化し限界状態に至った.マイナス側にひずみが大き く出たのは、供試体作製時のわずかな不均一性が原 因と考えられる.

図 4 に有効応力経路を示す. p':12kPa 付近で限界 状態に至ったようなループを繰り返し, 10 段階目の (γ)sA:1.2%に達した付近では 5kPa まで減少した. ま た,限界状態定数 M は 0.74 と推察された.

最大加速度を 200gal, 飽和地盤で深さを 2m と仮定 して,式(1)~(3)より液状化低効率 F_L 値を算定した結 果 0.81 となった.

 $F_{\rm L} = R/L \qquad (1) \qquad R = \tau_{\rm d}/\sigma_{\rm c0} \qquad (2)$ $L = \gamma_{\rm d}\sigma_{\rm v}A_{\rm max}/(\sigma_{\rm vc}'g) \qquad (3)$

ここで, *R*:液状化強度比, *L*:地震によるせん断応 力比, σ_v:全上載圧(40kPa), σ_{vc}:有効上載圧(20.4kPa), *A*_{max}:最大加速度, γ_d:割引補正係数(0.85), *g*:重力 加速度(981gal)である.

図 5 に(γ)sA に対する各繰返し変形特性から得られ た拘束圧で正規化した等価せん断剛性 G_{eq}/σ_{c0} , 履 歴減衰率 h および式(4)に示した R-O モデルによるフ ィッティング曲線を示す.

$$G_{\rm eq} = \frac{G_{\rm eq0}}{1 + \gamma/\gamma_{\rm r}} \tag{4}$$

ここで、 G_{eq} :等価せん断剛性 G_{eq0} :初期等価せん断 剛性、 γ : せん断ひずみ、 γ_r : 基準ひずみである.

 G_{eq}/σ_{c0} は γ の増加に伴い減少し、初期の G_{eq}/σ_{c0} は中空ねじり試験では平均1350(γ :8.0×10⁻⁵%)、三軸 試験(e:0.917)では810(γ :0.002%)であった。中空ねじ り試験の方がより微小なひずみでの G_{eq}/σ_{c0} を求め ることが可能であった。(γ)_{SA}がおおよそ0.04%に至 るまでは中空ねじり試験の G_{eq}/σ_{c0} が大きい傾向を 示した.また、(γ)_{SA}が0.01%以上の領域では G_{eq}/σ_{c0} はほぼ同じ傾向を示した。hは(γ)_{SA}の増加に伴いお およそ20%まで増加し、三軸試験よりやや高めの傾 向を示した。

4 まとめ

中空ねじり試験により σ_{c0}:40kPa の低拘束圧下で



図 5 (γ)saに対する G_{eq}/σ_{c0} , hの変化

の硅砂 7 号の繰返し変形特性を把握した.正規化等 価せん断剛性 G_{eq}/σ_{c0} はせん断ひずみ(γ)sA の増加に 伴い低下し,三軸試験に比べ,より微小なひずみ領域 まで求めることができた. τ_d :11kPa を与えたとき 11 波目で間隙水圧が大きく上昇し,過剰間隙水圧比は 0.86 となった.液状化強度比 R は 0.28 となった.実 地盤規模で地震動の最大加速度を 200gal,深さを 2m とした場合の液状化抵抗率 F_L 値は 0.81 となり液状 化に至る可能性が高いという結果が得られた.

参考文献

- 呉 杰祐,清田 隆,片桐 俊彦:中空ねじりせん断機を用いた豊 浦砂の非排水単調せん断挙動に関する研究,生産研究,65巻6号, 2013.
- 2) 安田 進,小宮 真悟:豊浦砂における低拘束圧下での液状化及び 液状化後の変形特性,第38回地盤工学研究発表会,2003.
- 3) 社団法人地盤工学会:地盤の動的解析-基礎理論から応用まで-, pp.3-13,社団法人地盤工学会,2007.