

風化度と粒子破碎がまさ土の液状化特性に及ぼす影響 ～初期せん断応力の影響～

福岡大学大学院 学生員 ○草野 裕一
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
福岡大学工学部 正会員 吉田 信夫

1.はじめに

1995 年の阪神・淡路大震災を契機に埋立てや盛土に使用されているまさ土の液状化強度の見直しが行われるようになってきた。風化残積土であるまさ土は、風化の度合いによって力学的性質が異なる¹⁾と伴に拘束圧に依存して粒子破碎を生じ、力学的特性に影響を及ぼす特殊土として扱われている。一方、現地盤には斜面や盛土あるいは構造物基礎地盤など、種々の初期応力が働いており、このような初期せん断応力は、地震時の変形挙動に影響を及ぼすこと²⁾が知られている。そこで、今回は、風化度の異なる3種類のまさ土(杉山まさ土、今宿まさ土C、D)について、液状化特性に及ぼす初期せん断応力の影響について検討するとともに粒子破碎挙動に着目して検討を行った結果について報告する。

2.実験概要

実験には、空圧応力制御式繰返し三軸圧縮試験装置を使用した。実験に用いた試料は、2mmふるいを通過した風化度の異なる3種類の杉山まさ土、今宿まさ土C、今宿まさ土Dで図-1に粒径加積曲線、表-1に物理特性を示す。風化の進んでいない杉山まさ土は、白っぽく粒度分布が悪く、今宿まさ土Cは、褐色で比較的粒度分布が良い材料である。最も風化の進んだ今宿まさ土Dは、細粒分を約40%含み赤褐色をしている。供試体は、直径約5cm、高さ約10cmの円筒モールドに振動法で相対密度約60%になるように作成した。その後、炭酸ガスを通した後、脱気水を通し、背圧($\sigma_{br}=98\text{kPa}$)を与えて飽和させ、間隙水圧係数B値が0.96以上に達し、供試体が飽和したのを確認した後、初期せん断力($q_0=14.7$ 、29.4、44.1kPa)の大きさに応じて、所定の拘束圧まで等方圧密を行った。その後、軸力を載荷して、平均有効主応力 $p=98\text{kPa}$ になるように異方圧密を1時間行った。圧密終了後、任意の繰返し応力を振動数0.1Hzにて圧縮側より載荷して、非排水繰返しせん断試験を行い、両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に達した時点で実験を終了させた。

3.実験結果及び考察

3.1 初期せん断応力の影響

図-2、図-3に初期せん断応力 $q_0=14.7\text{kPa}$ 、繰返し応力比 $\tau/\sigma'_v=0.15$ における杉山まさ土と今宿まさ土C、Dの有効応力経路図、軸差応力と軸ひずみ関係を示す。において、いずれの試料も応力反転を生じる繰返し応力を載荷されているが、風化の進んだ今宿まさ土C、Dは、圧縮側のみひずみが残留し破壊に至っている。これに対し、

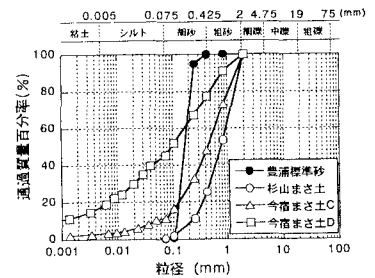
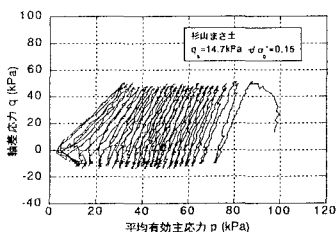


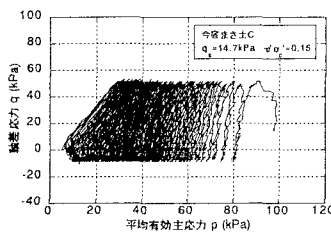
図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

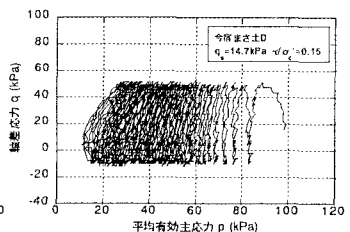
	杉山まさ土	今宿まさ土C	今宿まさ土D
Gs (g/cm ³)	2.647	2.733	2.670
e_{max}	1.096	1.442	1.822
e_{min}	0.667	0.790	1.068
Uc	4.22	24.7	165
Li (%)	0.446	3.968	7.268



(a) 杉山まさ土 (Li=0.446%)

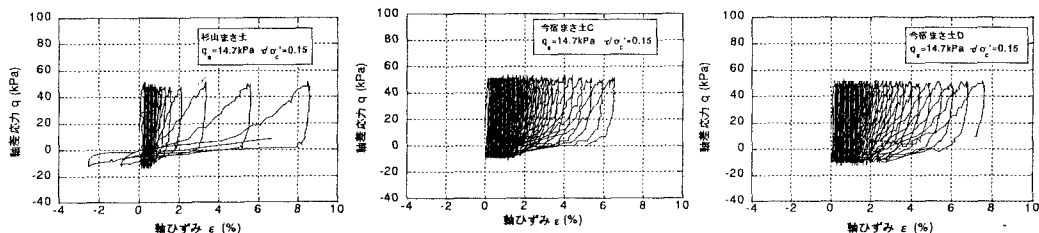


(b) 今宿まさ土C (Li=3.968%)



(c) 今宿まさ土D (Li=7.268%)

図-2 有効応力経路図 (Dr=60%)



(a) 杉山まさ土 (Li=0.446%) (b) 今宿まさ土C (Li=3.968%) (c) 今宿まさ土D (Li=7.268%)
図-3 軸差応力・軸ひずみの関係 (Dr=60%)

風化の進んでいない杉山まさ土は、有効応力の低下とともに伸張側にもひずみが生じはじめ、破壊に至っている。一方、風化の進行に伴って、有効応力は完全に0にはならず変形が進行する事も分かる。両振幅軸ひずみ DA が5%に達した時点の繰返し回数 N と繰返し応力比 τ/σ'_v の関係より求められた繰返し回数 N=20 回時の繰返し応力比を液状化強度 R_{20} と定義し、初期せん断応力との関係を図-4 に示す。杉山まさ土は初期せん断応力が増加すると、液状化に対する抵抗が大きくなっている。これに対し、今宿まさ土 C では、初期せん断応力 $q_0=29.4\text{kPa}$ までは増加しているが、 $q_0=44.1\text{kPa}$ になると初期せん断応力をかけない状態とほぼ同じ液状化強度を示している。また、風化の進んでいる今宿まさ土 D においては、初期せん断応力 $q_0=14.7\text{kPa}$ までは増加しているが、初期せん断応力が増加するに伴って液状化強度が減少する傾向が現れている。

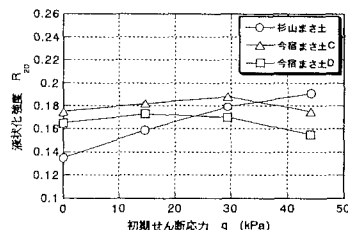
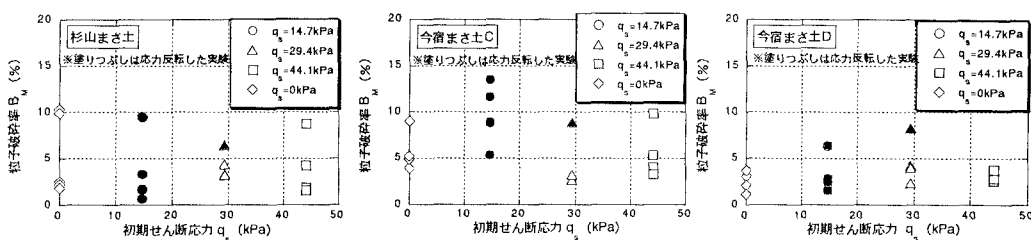


図-4 液状化強度 R_{20} と初期せん断応力の関係

3.2 粒子破碎と初期せん断応力の関連性

初期せん断試験後に行った粒度試験の結果から粒子破碎率 B_M を用いて粒子破碎との関連性を調べた。図-5 に風化度の異なる3種類のまさ土における粒子破碎率 B_M との初期せん断応力との関係を示す。杉山まさ土は、ばらつきはあるものの、初期せん断応力の大きさに関わらずほぼ一定の粒子破碎率を示している。これは、杉山まさ土が、単一粒径であるために、粒子破碎率 B_M の値に影響したのではないかと考えられる。一方、今宿まさ土



(a) 杉山まさ土 (Li=0.446%) (b) 今宿まさ土C (Li=3.968%) (c) 今宿まさ土D (Li=7.268%)
図-5 粒子破碎率 B_M と初期せん断応力の関係

C、D は初期せん断力の増加と伴にわずかではあるが粒子破碎量が低下している事が分かる。これは、 $q_0=14.7\text{kPa}$ の時は、供試体に作用する繰返し応力が全て圧縮側と伸張側に作用する応力反転の影響を受け、せん断中の粒子破碎が多く生じたためである。

4. まとめ

- 1) 初期せん断を受けるまさ土の液状化特性、風化が進むに従いその変形モードが異なり、液状化強度は初期せん断力の影響がなくなるか、あるいは低下する傾向を示した。
- 2) 繰返しせん断時の応力反転は、粒子破碎を増加させる要因となることが明らかになった。しかし、粒子破碎と液状化強度の間には関連性を見出すには至らなかった。

<参考文献>1) 村田ら；風化度に着目した乱さないまさ土の圧縮・せん断特性；第31回地盤工学会講演概要集, pp131～pp140, 1987.6

2) 兵動ら；初期せん断を受ける飽和砂の動的強度について；第24回土質工学研究発表会, pp797～pp804, 1989