

産業廃棄物同士を混合した試料の液状化強度および液状化後の変形特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○門前 亨  
 九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦  
 九州工業大学工学部 赤瀬 大志

1. はじめに

我が国の産業廃棄物排出量は近代産業の発達とともに増大し、その廃棄物の多くは最終処分場で埋立て処分されている。また、今日までの大型地震による液状化被害は埋立地で数多く発生していることが報告されている。このことから、埋立跡地を高度に利用するためには産業廃棄物で埋め立てられた地盤の特性を明らかにすることが重要である。そこで、本研究では産業廃棄物同士を混合した試料について中空ねじりせん断試験を行い、その混合試料の液状化強度および液状化後の変形特性について調べた。

2. 試料および実験方法

本研究では、福岡県内の廃棄物処分場にて埋立処理される酸洗い中和汚泥(以下、汚泥とする。)と、転炉鉍滓(以下、鉍滓とする。)を試料として用いた。また、それぞれの試料を細粒分含有率  $F_c$  が 30%、60%となるように鉍滓に汚泥の細粒分を混合した試料も用いた。各試料の物理的性質を表-1 に、粒径加積曲線を図-1 に示す。

表-1 試料の物理的性質

試料名	液性限界 $w_L$ (%)	塑性限界 $w_p$ (%)	塑性指数 $I_p$	土粒子密度 $\gamma_s$ ( $g/cm^3$ )
汚泥	209.0	109.1	99.9	3.525
$F_c=30\%$ 調整試料	61.0	53.5	7.5	3.091
$F_c=60\%$ 調整試料	80.6	62.8	17.8	3.120

試験は、繰返し中空ねじりせん断試験装置を用いて行った。供試体は、過圧密にならないように初期有効拘束圧の90%の拘束圧で予備圧密を行い、その後、外径7cm、内径3cm、高さ7cmの中空円筒形になるようにトリミングを行って作製した。作製した供試体は、炭酸ガスを通気、脱気水を通水し、十分飽和させた後に初期有効拘束圧  $\sigma'_0=98kPa$  で等方圧密した。繰返し載荷は、非排水状態で0.1Hzの正弦波荷重を一定の繰返し応力比にて行った。また、繰返し回数が20回ときのせん断応力比を  $R_{20}$ (液状化安全率  $F_L=1.0$ )とし、それより大きい応力比( $F_L \leq 1.0$ )、小さい応力比( $F_L > 1.0$ )でそれぞれ20回載荷し、その後非排水状態を保ったまま静的単調載荷を行うことで、 $F_L$ の値(液状化の程度)に応じたせん断剛性の低下の度合いを求めた。静的単調載荷はひずみ制御で行い、載荷速度は  $\dot{\gamma}=10\%/min$  とした。

3. 液状化試験結果

図-2 に繰返しせん断応力比  $R=\tau/\sigma'_0$  と両振幅せん断ひずみ  $DA=7.5\%$ に至るまでの繰返し回数  $N_c$  の関係を示す。

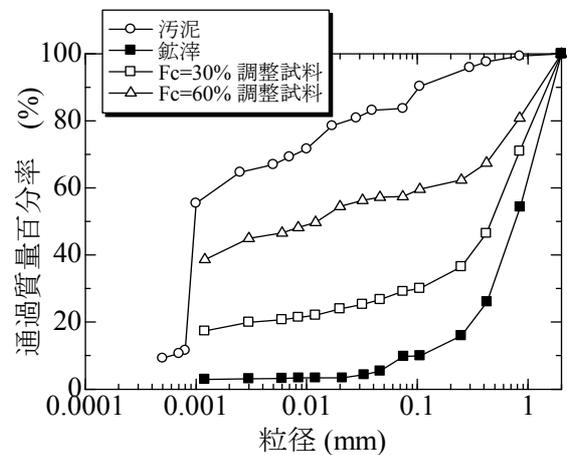


図-1 粒径加積曲線

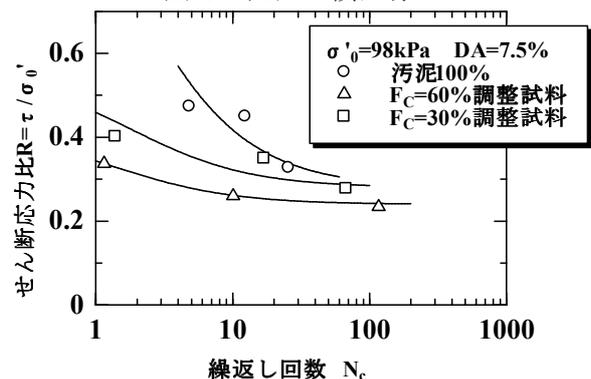


図-2 せん断応力比-繰返し回数関係

それぞれの試料について液状化強度比  $R_{120}$  を読み取ると、汚泥および汚泥と鉍滓の混合試料は比較的高い液状化強度であった。ここで、汚泥のみの場合は、繰返し载荷時に過剰間隙水圧比が 1.0 に達するような液状化状態にはならなかったことを予め断っておく。次に、細粒分含有率を調整した 2 つの試料の結果を見ると、 $F_c=30\%$  の場合のほうが  $F_c=60\%$  の場合よりも高い液状化強度を示している。

**4. 繰返し载荷後の変形特性**

各試料について、静的単調载荷を行ったときのせん断応力  $\tau$  とせん断ひずみ  $\gamma$  の関係を図-3~5 に示す。図-3 をみると、 $F_L > 1.0$  の場合は静的単調载荷のみの  $\tau \sim \gamma$  関係と良く似た傾向を示した。また、通常、液状化後の  $\tau \sim \gamma$  関係は下に凸のバイリニアを示す<sup>1)</sup>が、 $F_L \leq 1.0$  の場合は上に凸のバイリニアを示しており、 $F_L > 1.0$  の場合と比較して、大きなひずみが現れるまでのせん断応力が小さくなっている。これは、液状化状態に至る前までに、供試体に小さなひずみが生じており、繰返し载荷によってある程度の剛性低下が起こったためと考えられる。次に、図-4, 5 に示す  $F_c=60\%$ ,  $30\%$  調整試料の場合も、汚泥のみの場合と同様に  $F_L > 1.0$  の場合には静的単調载荷のみの結果と良く似た結果が得られたが、 $F_L$  が 1.0 を下回ると、汚泥のみの場合と比べて著しく剛性低下が起きている。

ここで、静的単調载荷のみを行ったときの  $\gamma=0.3\%$  の割線勾配を、初期せん断剛性  $G_0$ 、繰返し载荷後の剛性が回復する点までの勾配をせん断剛性  $G_1$  と定義する<sup>1)</sup>と、図-6 に示すように、汚泥のみの場合のせん断剛性低下率  $G_1/G_0$  は 1~1/5 程度であるが、 $F_c=60\%$ ,  $30\%$  調整試料は 1/5~1/100 程度まで剛性が低下していることが見て取れる。

**5. まとめ**

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- (1) 汚泥のみの場合、液状化後の  $\tau \sim \gamma$  関係が上に凸のバイリニアを示すのは、繰返し载荷によって供試体に小さなひずみが生じているが、それによる剛性低下が小さいためと考えられる。
- (2) 汚泥と鉍滓を混合した試料は、汚泥のみの場合と比べ、液状化しやすい試料であり、液状化後のせん断剛性を求めると繰返し载荷を受けない場合の 1/5~1/100 まで剛性が低下する。

<参考文献>

1) 安田進・吉田望・安達健司・規矩大義・五瀬伸吾・増田民夫：液状化に伴う流動の簡易評価法,土木学会論文集 No.638/3-49,p71-89,1999.

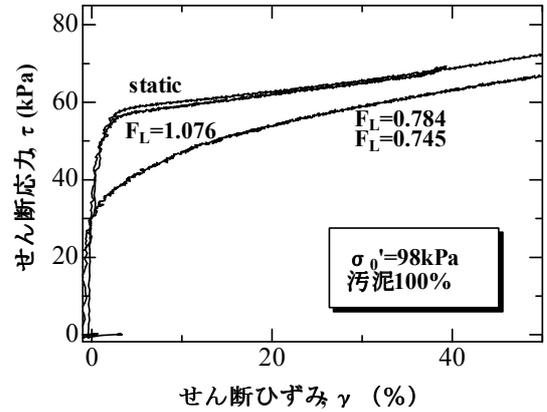


図-3 せん断応力-せん断ひずみ関係

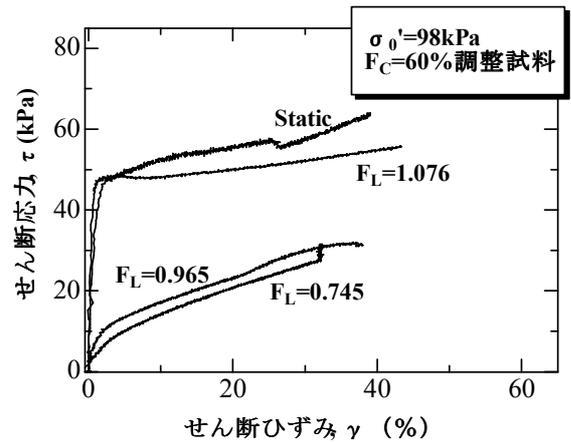


図-4 せん断応力-せん断ひずみ関係

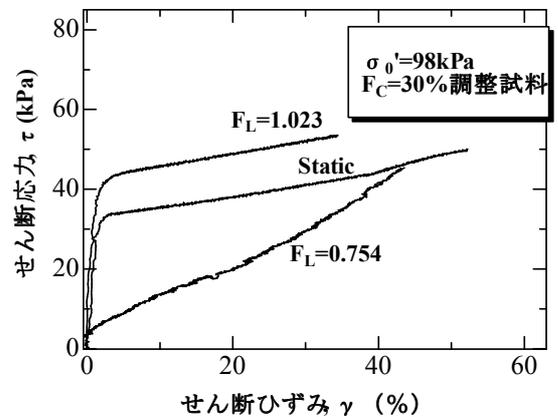


図-5 せん断応力-せん断ひずみ関係

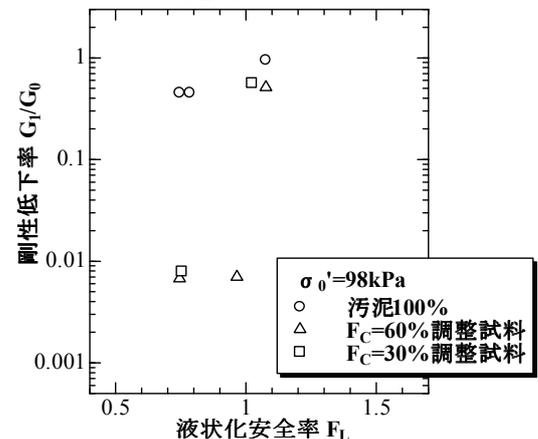


図-6  $G_1/G_0 \sim F_L$  関係