

産業廃棄物からなる砂質土・中間土の液状化強度

九州工業大学大学院 学生会員 ○勝部雄太

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

小川雄裕

1. はじめに

我が国では、大量の産業廃棄物が最終処分場において埋立処分されている。そのような最終処分場を有効利用するためには、地盤の安定性を検討することが重要となる。また、地震が頻繁に発生している我が国では地震による液状化が大きな問題となっており、地盤を締め固める等の地盤改良工法を検討する必要がある。そこで、本研究では、繰返し三軸試験装置を用いて産業廃棄物からなる中間土の液状化強度を求め、細粒分含有率 F_C および供試体作製方法の違い、過圧密の作用が液状化強度に与える影響について検討した。

2. 試料および実験方法

本実験では、福岡県内の処分場から採取した汚泥（酸洗中和汚泥）と鉍滓を使用した。この2種類の試料を練り混ぜ、細粒分含有率 $F_C=10\%$, 30% , 60% の試料に分けて実験を行った。以降、これら3種の試料をそれぞれ試料A ($F_C=10\%$)、試料B ($F_C=30\%$)、試料C ($F_C=60\%$) と呼ぶこととする。表1に各試料の物理的性質を、図1に粒径加積曲線を示す。

表1 試料の物理的性質

	試料A	試料B	試料C
最適含水比(%)	16.05	25.3	41.4
最大乾燥密度(g/m^3)	1.983	1.67	1.282
土粒子密度(g/m^3)	3.104	3.091	3.12
液性限界(%)	NP	60.97	80.6
塑性限界(%)	NP	53.5	62.84
塑性指数	NP	7.47	17.76

液状化試験は繰返し三軸試験装置を用いて行った。供試体は直径7.5cm、高さ15cmの円柱形である。供試体作製方法としては、試料Aにおいて水中落下法と水中突固め法、細粒分が多く含まれている試料B、Cにおいて、予備圧密する方法と3層に分け各層で予備圧密後に飽和している状態で突固めを行う方法を採用した。水中突固め法はモールド内を脱気水で満たした後、試料を投入し飽和状態で突き固める方法である。これらの方法で作製した供試体は、炭酸ガスを一定時間通気し、脱気水を通して飽和させた後、初期平均有効拘束圧 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ にて等方圧密した。繰返し荷重は0.1Hzの正弦波荷重にて行い、液状化判定基準は両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ としている。各供試体作製方法における締固めエネルギー E_C は締固め仕事量で定義され、 $E_C=W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B / V (\text{kJ}/\text{m}^3)$ と表される。ここに、 W_R はランマー重量(kN)、 H は落下高さ(m)、 N_L は層数、 N_B は1層当たりの突固め回数、 V はモールド容積(m^3)をそれぞれ表す。

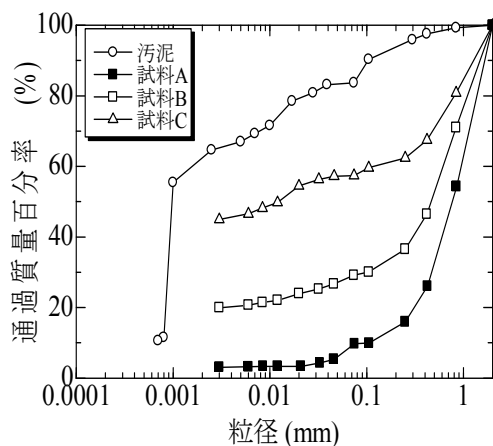


図1 粒径加積曲線

3. 試験結果および考察

3.1 液状化試験結果

図2～4にそれぞれの試料における繰返し応力比 $R=\sigma_d/2\sigma'_0$ と両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に至るまでの繰返し回数 N_c の関係を示す。また、繰返し回数が20回のときの繰返し応力比 R を液状化強度比 R_{L20} とし、細粒分含有率 F_C との関係を図5に示した。

試料Aでは、締固めエネルギー E_C の増加に伴い液状化強度曲線も上昇している。これは、供試体作製時にモールド内を脱気水で満たした状態、つまり飽和状態にしているため、サクシオンが働かないことにより間隙がつぶれ、効率良く締め固まったこと、また、細粒分含有率 F_C が低いと粒子構造の乱れが抑制されたこ

となどが原因として考えられる。

試料 B、C では、ともに予備圧密法の結果が試料 A の水中突固め法 150kJ/m^3 と同程度の液状化強度比 R_{120} を示し、細粒分を多く含む試料 C の方が液状化強度比 R_{120} は幾分大きい。それに比べ試料 A の水中落下法の液状化強度比 R_{120} は今回の実験の中で最も小さな値を示している。これは、水中に堆積させただけでその他の外力を与えずに形成されたことで供試体が非常に緩いためだと考えられる。しかし、突固め法の 300kJ/m^3 になると試料 A は試料 B、C の液状化強度比 R_{120} と同等またはそれ以上となり締固めエネルギー E_c による効果が大いことがわかる。それに対し、試料 B、C では突固めを行っても液状化強度比 R_{120} はほとんど大きくなり、締固めエネルギー E_c による効果が小さいことがわかる。これは坪井らの研究¹⁾に示されているように、細粒分の中でも粘土分含有率がシルト分含有率の $1/2$ 以上であり低塑性なシルトを多く含んでいるため、予備圧密を行った後であっても締固めによる効果が得られなかったからではないかと考えられる。

3.2 過圧密による影響

全ての試料において過圧密(過圧密比 $\text{OCR}=2$)を行うことによりそれぞれ液状化強度曲線が大きく上昇している。その曲線の上昇は、試料 C が最も大きく、試料 B、試料 A の順に小さくなっていることから、細粒分含有率 F_c が高いほど過圧密による効果が大いといえる。これは細粒分が多い方が過圧密($\text{OCR}=2$)を行うことにより粘着性が発揮されて、さらに安定な粒子構造を得られるためだと考えられる。

4. まとめ

本研究では福岡県の最終処分場から採取した産業廃棄物を用い細粒分含有率 F_c および供試体作製方法の違い、また過圧密が供試体の液状化強度に与える影響を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 水中落下法により作られた試料 A、予備圧密法により作られた試料 B、C の供試体では、細粒分含有率 F_c の高い、試料 C、B、A の順で液状化強度比 R_{120} が大きい。
- (2) 細粒分含有率 F_c が低い試料 A では締固めエネルギー E_c の増加に伴い液状化強度比 R_{120} が大きくなる。
- (3) 細粒分含有率 F_c を高くした試料 B、C では締固めエネルギー E_c による効果はほとんど見受けられなかったが、過圧密による液状化強度比 R_{120} の上昇が顕著に見られ、細粒分が多いほどその傾向が強い。

参考文献 1) 坪井英夫：貫入杭体の振動機構とその適用に関する研究、pp126,1997

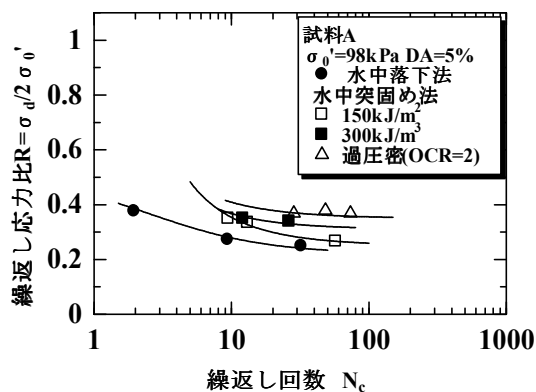


図 2 R-Nc 関係

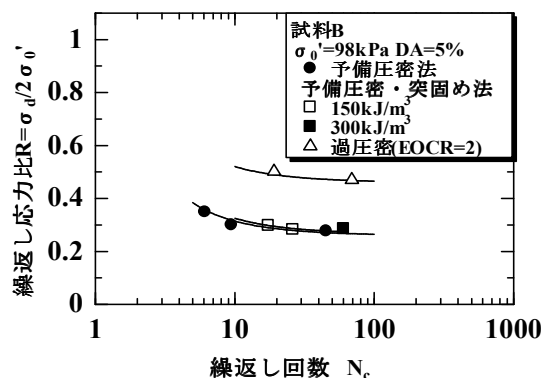


図 2 R-Nc 関係

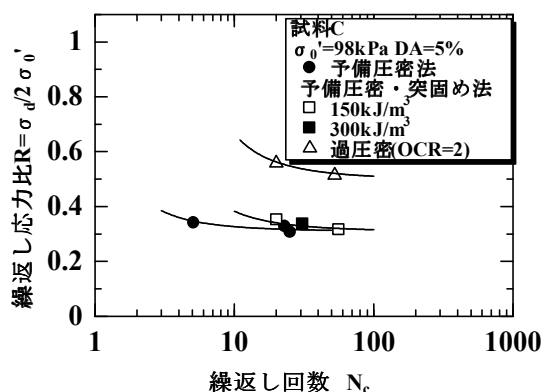


図 4 R-Nc 関係

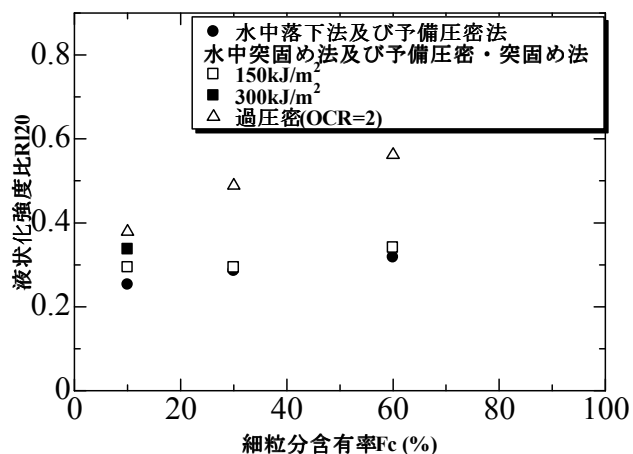


図 5 R_{120} - F_c 関係