

セメント安定処理土の繰返しせん断時における過剰間隙水圧

山口大学大学院 学生会員 ○松尾 晃

山口大学工学部 正会員 山本哲朗 鈴木素之

山口大学工学部 学生会員 千田隆行 (現 同大学院)

1. まえがき 地盤の安定処理に関する研究は非常に多く行われており、様々な土質に対する安定材が開発されている。従来、安定材の処理・改良効果を地盤の耐震性の面から検討した研究・技術報告のうち、処理土の「強度」に着目したものが多く、繰返しせん断時の過剰間隙水圧を取り上げたものはほとんどみられない。養生の初期段階においては安定材による土粒子間の固結はそれほど進行しておらず処理土は通常の土と似通った挙動を示すものと考えられる。その場合、処理土の過剰間隙水圧比は強度に関する重要な影響因子として考えられる。さらに、安定処理土の各養生段階における過剰間隙水圧の発生の度合いを知ることは固結の進行を把握する上で意義のあることと考える。本研究はセメント安定処理した砂質土の各養生日数における過剰間隙水圧の発生および過剰間隙水圧比と繰返しせん断強度の関係を調べたものである。

2. 土試料と安定材および実験装置 土試料として豊浦砂およびまさ土を用いた。図-1 に両土試料の粒径加積曲線を示す。両土試料の物理的性質は豊浦砂の場合、土粒子の密度 $\rho_s=2.655\text{g/cm}^3$, 最大粒径 $D_{\max}=0.850\text{mm}$, 平均粒径 $D_{50}=0.185\text{mm}$, 均等係数 $U_c=1.82$, 最大および最小間隙比 $e_{\max}=0.929$, $e_{\min}=0.619$, 細粒分含有率 $F_c=0.2\%$ であり、まさ土の場合は $\rho_s=2.624\text{g/cm}^3$, $D_{\max}=4.750\text{mm}$, $D_{50}=0.840\text{mm}$, $U_c=16.62$, $e_{\max}=0.902$, $e_{\min}=0.569$, $F_c=11.2\%$ である。セメント系安定材には高炉セメント B 種を用いた。実験には振動台上に固定されたケルマン型単純せん断箱を使用した。その詳細については文献 1) を参照されたい。

3. 供試体の作製および実験条件 供試体を以下の手順で作製した。まず、乾燥状態の土試料

に質量比で 5% に相当する安定材を添加し十分に混合した後、分離防止剤溶液 (濃度 100mg/kg) を加え、脱気しつつ攪拌した。この混練試料を分離防止剤溶液を満たしたせん断箱内に 3 層に分けて詰めた。次いで、供試体上面に初期鉛直有効応力 $\sigma'_{v0}=49\text{kPa}$ を作用させ、排水条件下で所定の時間養生させた。養生日数は 0, 1, 3 および 14 日間とした。各養生日数が経過後、直ちに振動台を所定のせん断応力比 τ/σ'_{v0} が得られるような水平加速度で加振した。比較のために未処理土に対しても同様な実験を行っている。なお、破壊の

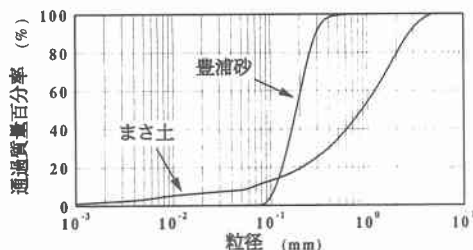


図-1 各試料の粒径加積曲線

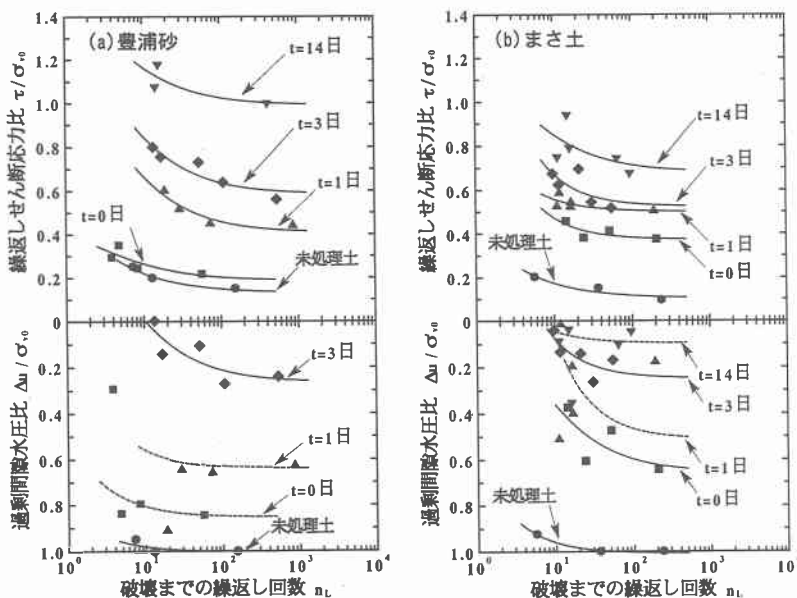


図-2 繰返しせん断応力比および過剰間隙水圧比と繰返し回数との関係

定義はせん断ひずみ γ が両振幅で10%に達したときとした。

4. 繰返しせん断応力比および過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係

図-2 (a)は豊浦砂を用いた場合の繰返しせん断応力比 τ/σ'_{v0} および破壊時の過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_{v0}$ と破壊に至るまでの繰返し回数 n_L の関係を示したものである。繰返し強度曲線は養生日数の大きい順に並んでおり、いずれも未処理土のそれより上方に位置している。個々の繰返し強度曲線は n_L が大きくなるほど、 τ/σ'_{v0} は小さくなり、 $n_L=500$ 以上で τ/σ'_{v0} はほぼ一定になる。 $\Delta u/\sigma'_{v0} \sim n_L$ 関係においては明確な関係が得られたものには実線で、そうでないものには破線でデータフィッティングしている。未処理土の過剰間隙水圧比は1.0程度の値をとっており、液状化が生じたことを示している。過剰間隙水圧比は養生日数が増加するにしたがい減少する傾向にある。 $\Delta u/\sigma'_{v0} \sim n_L$ 曲線を見ると、 n_L が大きくなるほど $\Delta u/\sigma'_{v0}$ は大きくなる傾向にあり、 $n_L=500$ 以上で $\Delta u/\sigma'_{v0}$ はほぼ一定になる。この挙動は $\tau/\sigma'_{v0} \sim n_L$ 関係でみられたものと類似している。なお、14日間養生した供試体については負圧が発生したため図中に示していない。

図-2 (b)はまさ土を用いた場合の τ/σ'_{v0} および $\Delta u/\sigma'_{v0}$ と n_L の関係を示したものである。 $\tau/\sigma'_{v0} \sim n_L$ 関係および $\Delta u/\sigma'_{v0} \sim n_L$ 関係においてまさ土の場合も豊浦砂と同様な傾向がみられるが、養生の初期段階である0日および1日養生したものにおいては豊浦砂よりも固結効果が早期に発現しており、その時点の過剰間隙水圧比も豊浦砂ほど発生していない。しかし、最終的には安定材の添加による強度増加は豊浦砂ほど大きくない。この理由として、図-1に示したように、まさ土は豊浦砂に比べて粒径の大きい粒子をより多く含むため、セメントによる土粒子間での固結の度合いが豊浦砂よりも低いことが考えられる。

以上より、比較的均一な粒径からなる豊浦砂の方がセメント水和物により土粒子間の拘束が全体的にされたと考えられる。

5. 過剰間隙水圧比と繰返しせん断強度の関係 図-3 (a)は豊浦砂の場合の $n_L=20$ における過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_{v0}$ と繰返しせん断強度 $R_{20}(\tau/\sigma'_{v0})$ の関係を示したものである。両者の間には概略直線関係が認められる。養生日数が小さいほど、繰返しせん断強度は小さく、また過剰間隙水圧比は1.0に近く、その状況は「液状化破壊」のようである。その一方、養生日数が大きいほど繰返しせん断強度は大きく、過剰間隙水圧比の発生はゼロに近く、その状況は「脆性破壊」のようである。これはセメントによる土粒子間の固結が進行し、間隙がセメント水和物によって充填されたためと考えられる。なお、14日間養生したものは負圧が生じたため図-2 (a)と同様図中には示していない。

図-3 (b)は同様にまさ土の場合の $n_L=20$ における $\Delta u/\sigma'_{v0}$ と R_{20} の関係を示したものである。図より豊浦砂とほぼ同様な傾向がみられるが、 $\Delta u/\sigma'_{v0}$ の減少の度合いは豊浦砂とは異なっているのがわかる。

6. まとめ 本論文のまとめを以下の1)～3)に示す。1) セメント安定処理土の過剰間隙水圧比は未処理土のそれと比べ養生日数が増加するほど減少する傾向にあり、その度合いは豊浦砂とまさ土で異なる。2) セメント安定処理土の過剰間隙水圧比は繰返し回数が大きくなるにしたがい大きくなるという傾向がみられた。3) セメント安定処理土の過剰間隙水圧比と繰返しせん断強度の間には概略直線関係がある。

参考文献 1) 山本哲朗, 鈴木素之, 伊達明彦, 松尾 晃, 山内智也: セメント安定処理した砂質土における長期養生後の繰返しせん断強度の推定, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, pp.245-248, 1999.

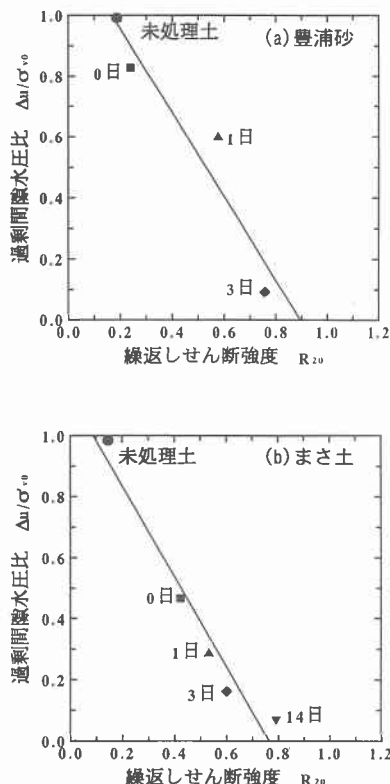


図-3 過剰間隙水圧比と繰返しせん断強度の関係