

東京理科大学 理工学部 学生員 ○大野 盛夫
 東京大学 大学院 学生員 小林 晃
 東京大学 生産技術研究所 正会員 龍岡 文夫

1. まえがき

本報告は、改良効果など有利な点が多いため地盤改良法として多用されつつあるセメント固結材による深層混合処理を想定し、主として三軸圧縮試験による室内配合試験を行ない、セメント改良土の強度および変形特性を検討した結果である。

2. 試料および実験方法

2.1 供試体 試料は粘性粘土の繰り返し試料で物理特性は次の通りである。(1) 粒度：砂分 3.9%，シルト分 63.1%，粘土分 33.0% (2) 比重 G_s ：2.646 (3) 液性限界 W_L ：100%，塑性指数 I_p 54% 試料は純水を加え繰り返し、含水比が 115% になるようにあらかじめ調整し、ビニール袋で密封し一定期間以上放置しておいたものを用いた。固結材は普通ポルトランドセメントをセメント水比 C/w (質量比) = 1 としたセメントペーストを用い、配合条件は添加率 Q_w (セメント質量/粘土の乾燥質量 $\times 100$) を 10%，試料の初期含水比 W_i を 120% とした。ソイルミキサーで 10 分間かくはん混合し、内径 5cm、高さ 10cm のモールドに打ち込み大気中で 24 時間養生した後脱型し、内径 5cm 径のビニール袋に入れ完全に密封し、 $20 \pm 3^\circ$ の水中で所定の材令になるまで養生した。

2.2 三軸圧縮試験 試験は材令に対する強度増加の割合が比較的小さいと思われる材令 27 日から 29 日の 3 日間で行なった。試験条件は (1) 圧密排水 (CD) と (2) 圧密非排水 (CU) の 2 通りで行ない、圧密は等方圧密で圧密時間を 20 時間とし、圧密を促進させるため供試体の側面に濾紙を巻いた。一軸試験を除くすべての試験で端面摩擦を除去した。飽和度を高めるために圧密開始前に 1 時間かけて 1 kgf/cm^2 の背圧をかけ、載荷はヒズミ速度 $\dot{\epsilon} = 0.06\%/min$ のヒズミ制御で行なった。

3. 実験結果

3.1 背圧の影響 側圧 σ_c 、背圧 σ_{bp} を (1) $\sigma_c = 1 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_{bp} = 0 \text{ kgf/cm}^2$ (2) $\sigma_c = 7 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_{bp} = 0 \text{ kgf/cm}^2$ (3) $\sigma_c = 7 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_{bp} = 6 \text{ kgf/cm}^2$ の 3 通りに変えて CD 試験を行なった結果を Fig. 1 に示す。この結果より背圧はセメント改良土の場合でも有効応力として働かず、強度変形特性にほとんど影響を与えないということが確認された。

3.2 CD 試験の結果 側圧 σ_c を 0.1 から 7 kgf/cm^2 まで変えて CD 試験を行なった結果を Fig. 2 に示す。同図に一軸試験の結果も示

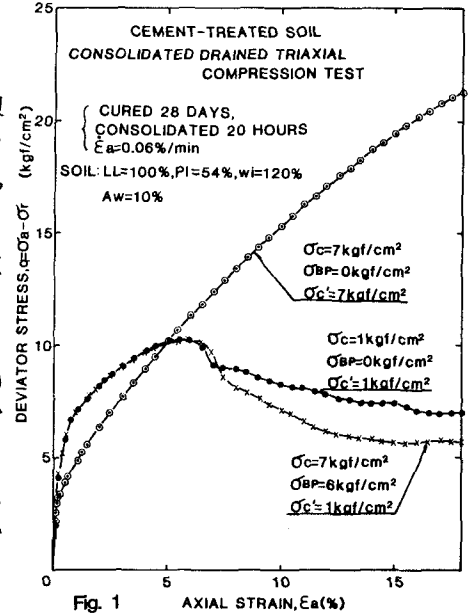


Fig. 1 AXIAL STRAIN, ϵ_a (%)

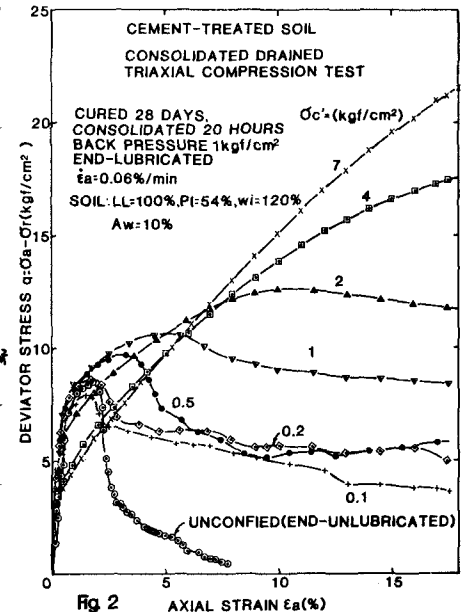


Fig. 2 AXIAL STRAIN ϵ_a (%)

した。この図より側圧により強度変形特性が異なることがわかる。側圧が大きくなるにつれて破壊強度、破壊時のヒズミともに大きくなると言える。残留強度については、側圧が大きくなるにつれて破壊後の強度減少が小さくなる傾向にあると言える。一軸試験では供試体は脆性的であるが、わずかの側圧をかけただけでも破壊後の強度減少はかなり小さくなっている。破壊形状は側圧が 0.5 kgf/cm^2 以上のものはすべて斜めのせん断面が現われて破壊しているが、側圧が 0.1 kgf/cm^2 , 0.2 kgf/cm^2 のものについて言えば上部で部分的に破壊していたり縦割れが生じており、あたかも引張り破壊のようであった。残留強度を検討する時破壊形状も同時に考慮する必要があると思われる。次に応力-ヒズミ曲線の初期の立ち上がりに着目すると、特に側圧が 2 kgf/cm^2 より大きいものに明確な急折点を見ることができ、側圧の大きいものほど小さい応力で急折点に達しているが、その応力は一軸強度以下であると言える。

3.3 CU試験の結果 側圧 σ_3 を 0.1 から 7 kgf/cm^2 まで変えてCU試験を行なった結果をFig. 3に示す。CU試験においては破壊時のヒズミが側圧によらずほぼ一定であり、破壊強度も若干の差はあるにせよCD試験ほど顕著ではない。残留強度はCD試験と同様にわずかに側圧がかかっただけでも大きくなっている。次に応力ヒズミ曲線の初期の立ち上がりに着目すると、CD試験で見られたような急折点は見られず、側圧によらずほぼ同一の傾度で立ち上がっている。

3.4 有効応力径路 縦軸に軸差応力 $q = \sigma_1 - \sigma_3$ 、横軸に平均有効主応力 $p' = (\sigma_1 + 2\sigma_3) / 3$ をとった図上に整理した有効応力径路をFig. 4に示す。CD試験の応力径路は傾き3で立ち上がり破壊点に至る。また、CU試験のそれは横軸にほぼ垂直に立ち上がり途中で曲折し破壊点に至る。CU試験における破壊点はCD試験のそれに比べ互いに近い点に集まっており、一軸試験の結果もその付近にある。このことより改良効果を評価する場合、最大強度のみに着目する時は一軸試験の結果をCU試験の一指標としてよいがCU試験の残留強度は一軸試験のみからでは推定できないと思われる。有効応力で整理したCD、CU条件の破壊包絡線は両者とも同一のものとみなすことができる。

4. まとめ

以上のことをまとめると次のようになる。(1)改良土の場合も背圧の影響をほとんど受けない。(2)CD試験における応力-ヒズミ曲線には急折点が現われ、側圧が大きいほど急折点の現われる応力は小さく、その応力の大きさは一軸強度以下である。(3)CD、CU両条件ともに側圧が少しでもあると破壊後の強度減少は小さい。(4)有効応力で整理するとCD条件、CU条件の破壊包絡線は同一のものとみなすことができる。

5. 謝辞 本研究は東京大学生産技術研究所において行なったものである。実験にあたり御指導をいただいた東京大学三木五三郎教授に感謝の意を表します。

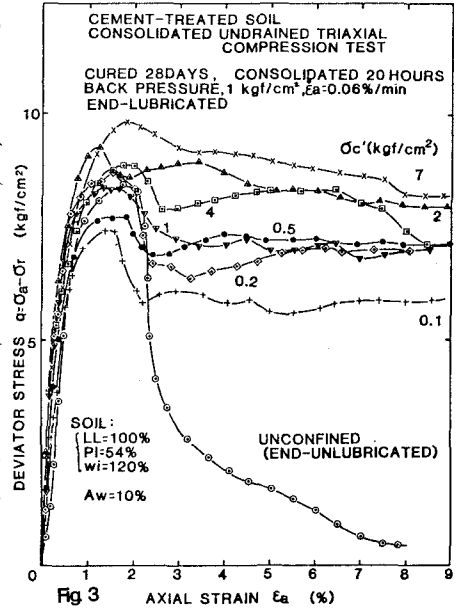


Fig. 3

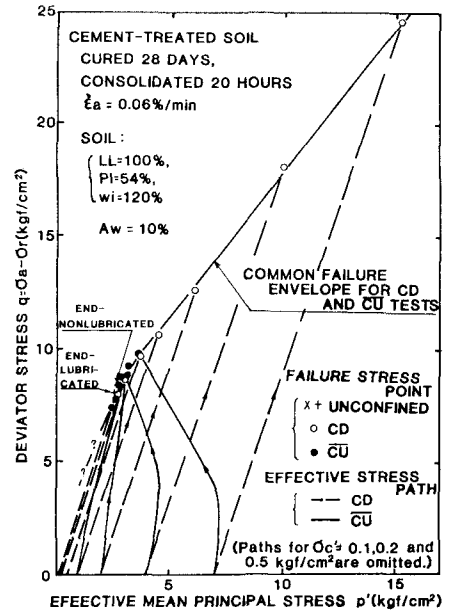


Fig. 4