

日本大学 生産工学部 学生員 ○竹内 実
 東京大学 大学院 学生員 小林 晃
 東京大学 生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

1. まえがき

本研究では、地盤改良工法の一つである深層混合処理工法を想定し、主として三軸圧縮装置による室内配合試験を行ない、セメントによる混合固結土の残留強度特性について検討したのでその結果を報告する。

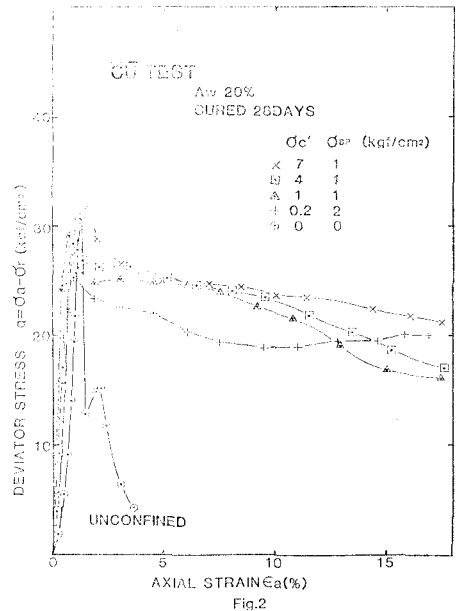
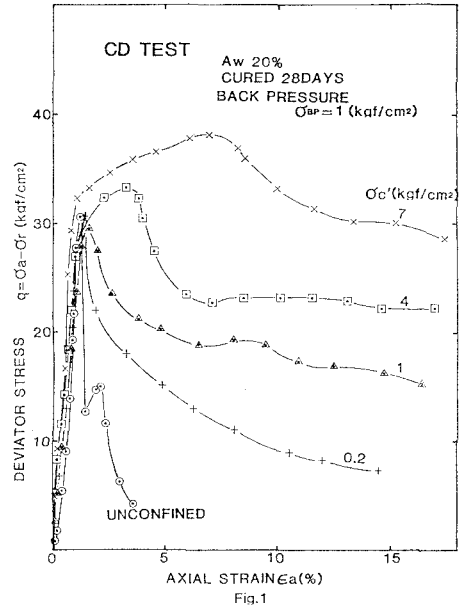
2. 試料 および 実験方法

〔2.1〕供試体 試料は海成粘土の練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% 試料は純水を加えて練り返し、含水比が約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 a_w (セメント質量/粘土の乾燥質量 $\times 100(\%)$)を20%、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強のビニール袋に入れて完全に密封し、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 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 試験条件は(1)圧密排水(CD)と(2)圧密非排水($\bar{C}U$)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に供試体の側面に3紙を巻いた。端面摩擦を軽減するために端面をルーブリケートした。供試体の飽和度を高めるために、圧密開始前に、背圧を30分ごとに 0.5 kgf/cm^2 ずつ上げて所定の値とした。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

〔実験1〕 側圧 σ_c を 0.2 kgf/cm^2 から 7 kgf/cm^2 まで変えて、CD試験及び $\bar{C}U$ 試験を行なった。CD試験の応力-ひずみ曲線を図1に、 $\bar{C}U$ 試験のものを図2に示す。図から、CD試験においては側圧 σ_c が増すにつれて残留強度が大きくなっている事がわかる。しかしながら、 $\bar{C}U$ 試験においては、側圧の値にかかわらず残留強度の大きさはほぼ等しくなっている。そこで $\bar{C}U$ 試験における有効拘束圧 σ'_v の変化を調べてみたのが図3である。この図より、側圧 σ_c は 0.2 kgf/cm^2 から 7 kgf/cm^2 まで大きく変化しているのに、有効拘束圧 σ'_v は残留状態においてはほぼ等しい値(この場合は約 2 kgf/cm^2)になっている。



ことがわかる。この結果から、有効拘束圧 σ'_v が等しいから残留強度も等しくなる、つまり残留強度の大きさもまた有効拘束圧の大きさによって決まてくることが考えられる。

〔実験2〕 側圧 σ'_c を0および0.2(kgf/cm^2)とし、それぞれについて排水試験及び非排水試験を行なった結果を図4に示す。ただし、背圧を2 kgf/cm^2 かけて行なった。図より、側圧 σ'_c が小さい場合、排水試験と非排水試験とでは残留強度の出方に大きな違いがあることがわかる。つまり非排水試験における方が、排水試験の場合と比べてより大きな残留強度が生じていることがわかる。これは、非排水試験においては、破壊後に負の過剰間隙水圧が生じ、図4に示す様に有効拘束圧が増していくためであると考えられる。

また、 $\sigma'_c=0$ の3つの場合(UNCONFINED, DRAINED, UNDRAINED)を比べることにより、通常行なわれている一軸圧縮試験は、非排水条件というよりもむしろ排水条件で破壊が起こり、特に非排水条件における残留強度を評価する場合には一軸圧縮試験は不適当であることがわかる。

〔実験1, 実験2における破壊型式の検討〕 一軸圧縮試験においては、鉛直方向にクラックがはいり、引張破壊によって非常に脆性的な破壊を示した。実験1のCD試験における σ'_c が0.2 kgf/cm^2 の場合、実験2の排水試験の $\sigma'_c=0$ および0.2 kgf/cm^2 の場合も一軸圧縮試験の場合と同様に縦ひびわれによる引張破壊を生じ、残留強度は非常に小さな値しか示さなかった。しかし、CD試験において σ'_c が2 kgf/cm^2 以上の場合には、水平面と約60°をなす方向にすべり線を生じ、せん断破壊するのが観察された。このようにすべり線を伴ってせん断破壊する場合、破壊後の強度減少は比較的小さく、その結果かなりの残留強度が得られた。一方、実験1および実験2の非排水試験においては、破壊直後、端面において引張クラックが発生し脆性破壊を示すが、破壊が進み負の過剰間隙水圧の発生により有効拘束圧が増すにつれて引張クラックの進みが止まり、やがてすべり線を伴ったせん断破壊を始め、強度の減少が小さくなり、かなりの残留強度を示した。

4. まとめ

以上のことをまとめると次のようになる。(1) 残留強度の大きさもピーク強度と同様に、有効拘束圧の大きさによって決まてくる。(2) 側圧 σ'_c が小さい場合には、非排水試験においては破壊後の負の過剰間隙水圧の発生により有効拘束圧が増加し、排水試験に比べて大きな残留強度が得られる。(3) 一軸圧縮試験は、非排水条件における残留強度を評価する場合には過小評価となり適当ではない。(4) 非排水試験においては、破壊直後引張クラックによる脆性破壊を示すが、負の過剰間隙水圧の発生により有効拘束圧が増すにつれて引張クラックの進みが止まり、やがてせん断破壊を始め、残留強度を示すようになる。

5. 謝辞

本研究に用いた三軸圧縮装置は当研究所試作工場で製作したものであり、試作工場の方々に感謝の意を表します。

