

住友セメント(株) 中央研究所 ○ 石 崎 仁
銀 山 功

近年、深層混合処理工法に代表されるように、セメント系固化材を用いた地盤改良工事が、多く施工されるようになってきた。しかし、この地盤改良工法は、短期的な支持力には問題はないが、実績が浅いために永続構造物としての信頼性は、他工法(例えば、サンドドレーン工法など)と比較すれば薄い、工事コスト的にも苦しい面もある。したがって、例えば、サンドドレーン工法と深層混合処理工法の適当な抱き合せにより、合理的な地盤改良工事を行なうことが可能である。このような工法では、プレロード除去後、すなわち過圧密状態の地盤の変形・強度が問題となる。本論文では、プレロード除去後あるいは振動による応力解放などを想定して、低強度のセメント系改良土の過圧密時の変形・強度特性を、三軸圧縮圧密非排水試験により考察する。

1. 試料および試験方法

試験に用いた原土は、海成粘土で、その物理的性質および具体的な試験方法は、文献1)と殆んど同じであるが、本論文では低強度改良土の三軸圧縮試験を対象としているため、固化材の添加率(固化材重量/湿潤重量) $A_w = 3\%$ とした。(添加率を固化材重量/乾燥重量で表わせば $a_w = 1.8\%$)。圧密・膨潤時間は原則として24時間とし、軸変位速度は全マ 1 mm/min (ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a \approx 1\%/min$) とした。なお、材令は28~33日である。

2. 正規圧密改良土のせん断特性

文献2)では、一般的な配合添加率 $A_w = 5, 10\%$ の改良土の三軸圧縮特性を有効応力に基づいて考察しているが、本論文の低強度改良土についても同様の傾向がみられる。両者の有効応力経路を図-1, 2に示す。両図とも、低拘束応力下の有効応力経路はある一英に向かって収束しているが、高拘束応力下では、ある勾配をもった直線上で破壊している。しかし、 $A_w = 10\%$ では、その直線上で主応力差 $\sigma_a - \sigma_r$ がピークとなるのに対して、 $A_w = 3\%$ では、主応力差がピークを過ぎた後、原土側にまわり込んで直線上に到達する。原土の定ひずみ速度せん断試験では、有効応力経路がピークを超えた後に破壊線に達することが、しばしば見受けられるが、 $A_w = 3\%$ の改良土の場合には、原土に近い性質が表れたものと考えられる。このことから、改良土にも「ひずみ速度効果」、すなわち粘塑性的特性が存在することを示唆しているように思われる。拘束応力の大きさによ、有効応力経路の形態が異なるが、その境界となる拘束応力(仮に、限界拘束応力 $\sigma_{r, \text{cri}}$ と呼ぼう)と一軸圧縮強度 σ_u には、次式の関係が得られた。

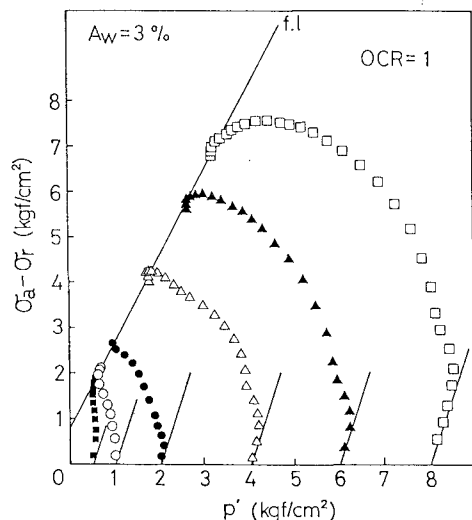


図-1 $A_w = 3\%$ の有効応力経路 ($\text{OCR} = 1$)

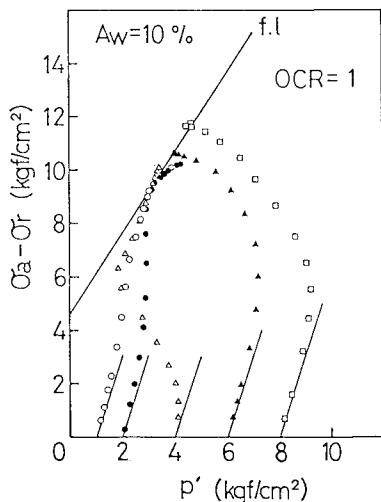


図-2 $A_w = 10\%$ の有効応力経路 ($\text{OCR} = 1$)

$$\sigma_{r0, cri} = 0.5 \sigma_u \quad (1)$$

なお、式(1)は添加率には依存しないが、原土の状態(具体的には、含水比、応力履歴など)により変わるものと思われる。

3. 過圧密改良土のせん断特性

ここでは、せん断時の拘束応力 $\sigma_r = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ で、過圧密比 $OCR = 1 \sim 16$ の場合の三軸圧縮特性について述べる。図-3は、 OCR を変化させた場合の応力・ひずみ関係である。この図によると、強度に関しては OCR が大きくなるほど強度は増加しており、応力・ひずみ曲線の立ち上がりも急になっているが、 $OCR = 2$ (すなわち最大圧密応力 $\sigma_{r, max} = 1 \text{ kgf/cm}^2$) の場合は、強度、応力・ひずみ曲線とも正規圧密改良土と大差ない。これは、 $\sigma_r = 0.5, 1 \text{ kgf/cm}^2$ の正規圧密改良土のせん断強度がほぼ同じであること、有効応力経路が過圧密的に挙動するためと考えられる。すなわち、最大圧密応力が、限界拘束応力以下である場合には、正規、過圧密の応力履歴の影響は少ないと考えてよさそうである。 $\sigma_r = 2 \text{ kgf/cm}^2$ の過圧密改良土の場合(図は省略)は、最大圧密応力が限界拘束応力以上であるため OCR とともに強度が増加する。図-4, 5は、最大圧密応力 $\sigma_{r, max} = 4, 8 \text{ kgf/cm}^2$ で OCR が変化した場合の有効応力経路である。両図に共通していることは、 $OCR = 4$ までは、主応力差のピーク時の有効応力 P' は、正規圧密改良土の場合と同じであるが、 OCR が更に大きくなると、ピークの有効応力は減少し、ピーク強度そのものも低下する。以上から、 $OCR = 4$ 以内であれば、強度として最大圧密応力 $\sigma_{r, max}$ で正規圧密された改良土の強度を用いてもよいことになるが、この $OCR = 4$ という値は、添加率、原材料に影響されると予想されるので、更に多種の実験により調べる必要がある。(例えば、原土では、 $OCR = 4$ では負の間隙水圧を示す土もあれば、ほとんど間隙水圧を生じない土もある。)

4. あとがき

今回の実験は、低強度改良土で等方応力後のせん断試験であるが、実際問題では、強度レベルは任意であり、 K_0 圧密後よりせん断が始まる場合が多いので、それらを考慮した実験が必要と思われる。また、非排水強度は、ひずみ速度に影響されやすいので³⁾、その点にも注意が必要である。

5. 参考文献

- 1) 吉原・石崎・銀山(1983)「セメント系改良土の三軸圧縮試験におけるひずみ速度の影響について」 第38回土木学会年講
- 2) 中嶋・石崎(1983)「有効応力に基づいたセメント系改良土の三軸圧縮特性」 第18回土質工学研究発表会投稿中
- 3) 赤井・足立・安藤(1974)「飽和粘土の応力-ひずみ-時間関係」 土木学会論文報告集 Vol. 225, PP. 53~61

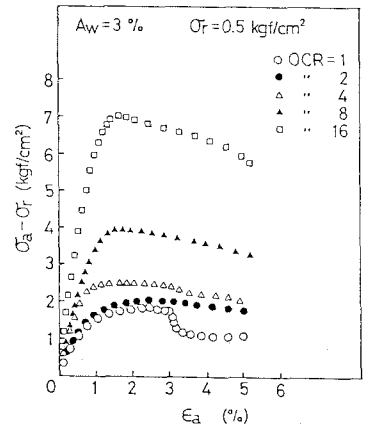


図-3 OCR が変化した場合の $\sigma_1 - \sigma_3 \sim \epsilon_a$ 関係 ($\sigma_r = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

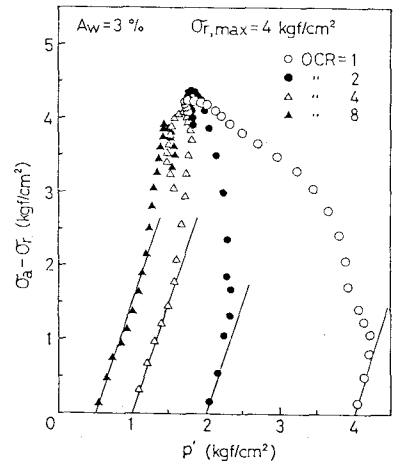


図-4 OCR が変化した場合の有効応力経路 ($\sigma_{r, max} = 4 \text{ kgf/cm}^2$)

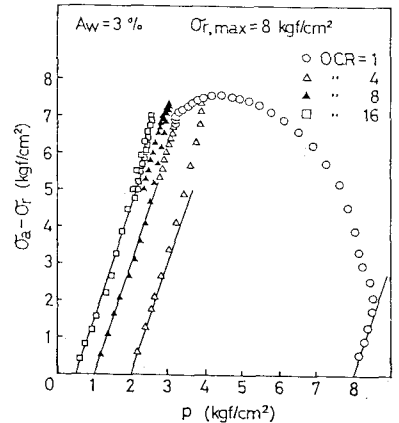


図-5 OCR が変化した場合の有効応力経路 ($\sigma_{r, max} = 8 \text{ kgf/cm}^2$)