

住友セメント(株) 中央研究所 ○吉 原 正 博

石 崎 仁

銀 山 功

近年、地盤改良工法の一つとして、セメント系固化材による地盤改良工事が多くなってきた。そして、改良土の設計に關しても、電子計算機による数値解法などが導入されつつある。しかし、設計時に用いる強度定数は、原土でも改良土でもほとんどひずみ速度 / %/min の非排水せん断強度である。原土においては、ひずみ速度の影響がせん断強度に顕著である。つまり、非排水状態ではひずみ速度 / %/min より繰速載荷の場合、強度を過大評価していることになり、危険側の設計となる。しかし、改良土では一軸圧縮試験の結果より、ひずみ速度の影響はない¹⁾、あるいは影響があっても極小である²⁾との報告がなされている。ところで、改良土は弾塑性的材料特性を示すので、間隙水を有する飽和改良土では有効応力に基づいて変形・強度特性を考察するのが有利である。そこで、本論文では三軸圧縮圧密非排水(CU)試験を行ない、初期圧密有効応力の大きさによって有効応力経路が影響を受けることを報告する。

1. 試料および試験方法

試験に用いた原土は、千葉県内より採取した海成粘土で、その物理的性質を表-1に示す。原土は、初期含水比 $w_0=80\%$ に調整した後、当社の固化材を添加率(固化材重量/湿潤重量) $A_w=10\%$ として、水固化材重量比 $W/C=100\%$ で、ホバート型ソイルミキサーで混合かくはんした。供試体寸法は $\phi 50 \times H 100$ とし、脱型後、材令日まで水中養生とした。

また、圧密時間は間隙水圧が落ち着くまでとし、24時間経っても落ち着かない場合は、間隙水圧の減少率が $0.003 \text{ kg/cm}^2/\text{hr}$ 以下になった時に打ち切った。空気の混入を極力防ぐため、供試体周面にはろ紙を巻かず、排水は上端のみとし、間隙水圧は底部で測定した。

そして、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=0.1, 1.0, 5.0 \text{ mm/min}$ として行なった。

2. 実験結果および考察

図-1は、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=1.0 \text{ mm/min}$ で初期圧密有効応力を変化させた場合の有効応力経路図である³⁾。この図より改良土においては、限界状態線が2本描け、有効応力経路は初期圧密有効応力に依存することがわかる。また、固化材の添加率 A_w を変化させても同じ様な傾向を示すことが言われている^{3), 4)}。

図-1より、初期圧密有効応力 $\sigma'_0=2 \text{ kg/cm}^2$ の場合、有効応力経路は

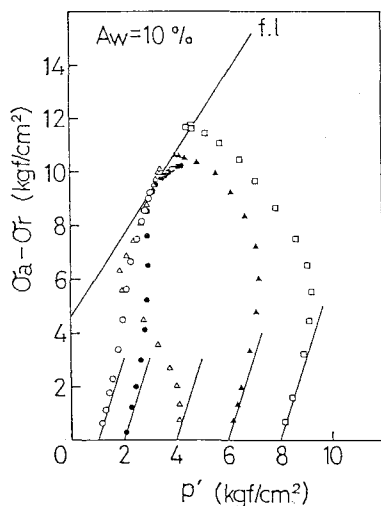


図-1 三軸圧縮CU試験の有効応力経路図

表-1 試料土の物理的性質

比重 Gs	飽和度 Sr (%)	自然含水比 Wn (%)	液性限界 LL (%)	塑性限界 PL (%)	レキ分 2.0 mm 以上 (%)	砂分 2.0 mm ~ 74 μm (%)	細粒分 74 μm 以下 (%)	強熱減量 Ig Loss (%)	日本統一 土質分類
2.686	100.0	52.26	52.2	25.3	0.0	35.1	64.9	—	MH

一度左側へ入り込んだ後、右側に反転し、一軸圧縮試験の全応力経路に収束する。そして、ピーク時の軸差応力は一軸圧縮強度にほぼ等しい。 $\sigma'_{ro}=8 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、有効応力経路は一度右側へ入り込んだ後左側に大きく回り込み、ピーク時の軸差応力は一軸圧縮強度よりも大きい²⁾。この異なった特性を示す初期圧密有効応力 $2 \text{ kgf/cm}^2, 8 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密させた改良土の軸ひずみ速度を変化させた場合の三軸圧縮CU試験の軸差応力～軸ひずみ～間隙水圧の関係図を図-2, 3に示す。

両図より軸ひずみ速度が速くなれば、軸差応力の立ち上がりが急になる傾向がある。これは、ひずみ速度が速いほど弾性的に挙動するためと考えられる。 $\sigma'_{ro}=2 \text{ kgf/cm}^2, \sigma'_{ro}=8 \text{ kgf/cm}^2$ とも若干ではあるが、ひずみ速度とともに強度も増加しているが、間隙水圧に対しては、明らかな影響はみられない。

図-4は、図-2, 3の試験結果を平均有効応力 P' と軸差応力 ($\sigma_a - \sigma_r$) で整理したものである。図-4中の○, △, □印は図-2, 3の軸ひずみ速度と同じである。この図より、軸ひずみ速度が、ピーク時の軸差応力に顕著な影響を与えるとは言いが、有効応力経路については、大きな影響を与えると言える。特に $\sigma'_{ro}=8 \text{ kgf/cm}^2$ では、原土のように軸ひずみ速度が速くなれば有効応力経路が立ち上がってくる。これは、初期圧密応力によって圧密終了後、およびせん断中に改良土の構造が変化していると推定できる。つまり、 $\sigma'_{ro}=2 \text{ kgf/cm}^2$ では土粒子とセメント粒子との団塊が破壊されず、 $\sigma'_{ro}=8 \text{ kgf/cm}^2$ では団塊がある程度破壊され、原土のように粒状体として挙動すると思われる。したがって、改良土に対するひずみ速度の影響は、改良土自体が原土に近いほど顕著になるのであるから、同拘束応力で改良土の強度(具体的には一軸圧縮強度など)レベルが低い場合、あるいは同一改良土でも初期圧密応力が高い場合には、ひずみ速度によって非排水強度が変化することを考慮に入れなければならない。

なお、現在、低強度改良土についても検討中であるので、その結果については当日発表する予定である。

3. 結論

今後、有効応力で改良土の時間依存の構成方程式を導く場合、有効応力経路がひずみ速度に影響されることを考慮しなければならない。

4. 参考文献

- 1) 新名也 (1977) 第12回土質工学会概要集 (PP. 1325~1328)
- 2) 田中, 堀江, 寺師 (1982) 第17回土質工学会概要集 (PP. 2697~2700)
- 3) 中嶋, 石崎 (1983) 第18回土質工学会概要集投稿中
- 4) 石崎, 銀山 (1983) 第38回土木工学会年次講演概要集投稿中

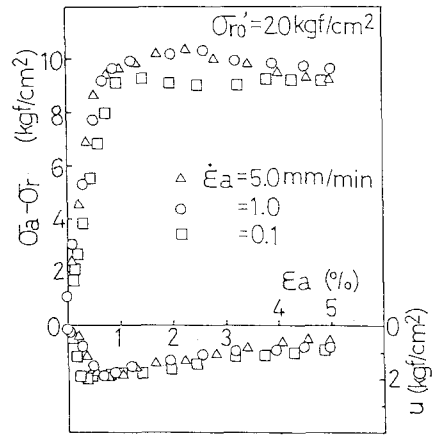


図-2 三軸圧縮CU試験の軸差応力～軸ひずみ～間隙水圧関係 ($\sigma'_{ro}=2 \text{ kgf/cm}^2$)

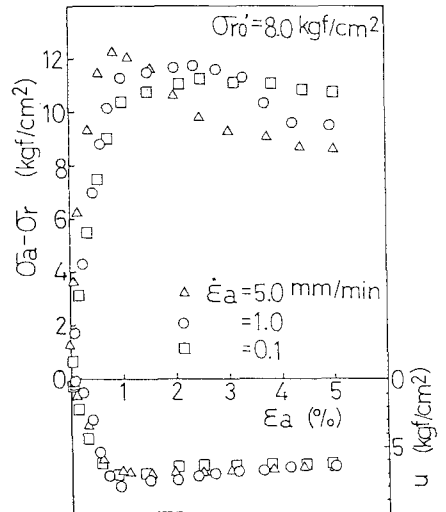


図-3 三軸圧縮CU試験の軸差応力～軸ひずみ～間隙水圧関係 ($\sigma'_{ro}=8 \text{ kgf/cm}^2$)

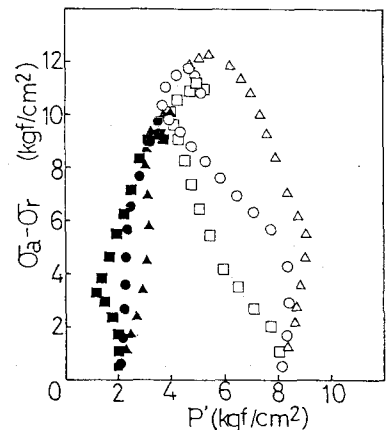


図-4 三軸圧縮CU試験の有効応力経路図