

粘土の圧密・せん断特性に及ぼす高温履歴の影響

広島大学大学院
正会員
森脇武夫

不動建設株式会社
正会員
木下洋樹

広島大学大学院
学生会員
○松本賢弥

1. はじめに

粘土が高温環境に置かれると、その工学的性質が変化することがこれまでの研究で報告されている。また、コンピューター技術の応用により、粘土の微視的構造を数量化し、かつ自動測定化がはかられて定量的解析が可能となった。このことにより、土の挙動のモデル化が微視的レベルから構築され、粘土の変形メカニズムに土の構造がどの程度かかわっているか、ということが明らかにされ始めている¹⁾。本研究では、100℃までの高温履歴を与えることによって粘土の圧密・せん断特性がどのように変化するかを明らかにし、さらに力学特性と粘土の粒子配列構造の関連性を調べる。

2. 実験方法及び解析方法

高温高背圧型三軸試験装置を用いて、高温圧密非排水三軸圧縮試験を行う。本試験で使用する高温対応型三軸セルは高背圧を負荷することで供試体内の水の蒸発を抑えることによって、室温～200℃の非常に高い温度条件下で三軸試験が行えるものである（図-1）²⁾。試料にはカオリンを用いる。試験温度を 20℃、50℃、75℃、100℃として、所定の圧密圧力（500、600、700 kPa）まで等方圧密した後、高温状態のまま非排水三軸圧縮試験を行う。さらに、走査型電子顕微鏡を用いて三軸試験後の粘土試料の写真撮影を行う。その写真をコンピューターに取り込み、粘土粒子画像上の濃度分布を計測し、スペクトル解析を行うことで、粒子配列構造を定量的に判断する¹⁾。

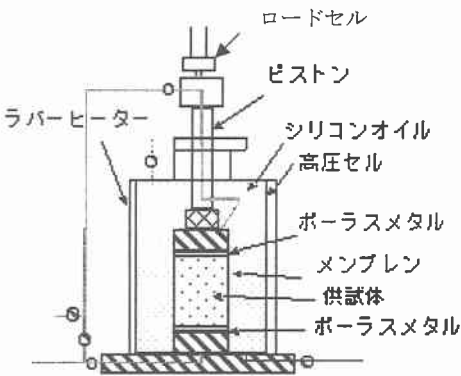


図-1 試験装置の概要

3. 実験結果及び考察

図-2 は間隙比変化量－温度関係である。本試験では、室温より所定の温度まで温度を上昇させた後に等方圧密を行った。間隙比変化量とは圧密後の間隙比と初期間隙比との差であり、温度変化と圧密圧力の増加の 2 つの要因が作用した結果である。拘束圧 500 kPa、拘束圧 700 kPa の各試験に関しては同じ拘束圧でも温度の高いものほど間隙比変化量が大きくなり温度変化による間隙比変化量は温度差に比例して増大する傾向が見られる。つまり、温度が上昇すると粘土の間隙水の排水が促進され、温度が高いものほど間隙比の変化量が大きくなり圧密量が増加したと考えられる。また、図示はしないが圧密時間も短縮された。

図-3 は変相点（有効応力経路において平均有効応力が最小値をとる点）における主応力差－間隙比関係、

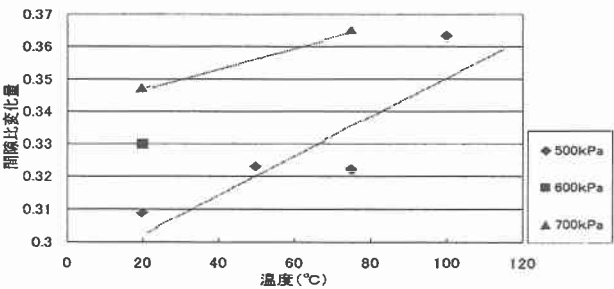


図-2 間隙比変化量－温度関係

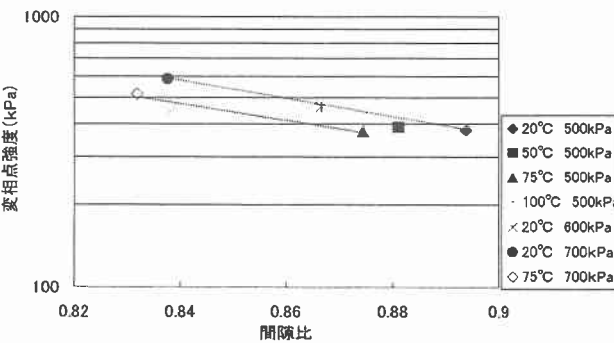


図-3 変相点強度－間隙比関係

図-4 は軸ひずみ 15%時における主応力差－間隙比関係である。両方の図において 20℃と 75℃それぞれの主応力差－間隙比関係を直線で結んでいる。図-3 によると 75℃の線は 20℃の線より下に位置しており、同じ間隙比で強度を比べると高温試料の方が低い。このことから、変相点における強度は間隙比のみによって決定することはできず、限界状態に至るまでの変形・強度特性には温度の影響があると考えられる。また、図-4 によると主応力差－間隙比関係は温度によらずほぼ同じ直線上に位置している。このことから、限界状態に至っている軸ひずみ 15%時における強度・変形特性は温度依存性が小さくなっていると考えられる。

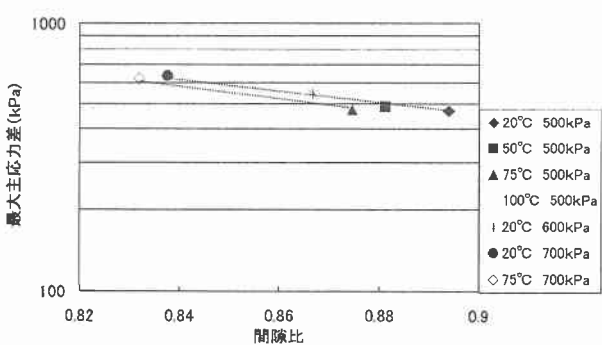


図-4 最大主応力差－間隙比関係

4. 粒子構造の解析結果及び考察

図-5 は等方圧密後の供試体の鉛直断面で見られる粒径－温度関係である。20℃では粒径が全体的に約 1～7 μm の比較的狭い範囲に分布している。75℃では 20℃の分布に比べて粒径が集中している箇所が無く広い範囲でほぼ均等に分布している。このことから、20℃は比較的小さなペッドや間隙が数多く存在しておりやや単一的な構造であり、75℃は様々な大きさのペッドや間隙が存在しているものの比較的大きなペッドや間隙が卓越しているといえる。つまり、75℃は、20℃と比較して粒子構造が発達し、大きなペッドと間隙を形成していると考えられる。図-6 はせん断後の粒径－温度関係である。この図より、せん断されて粒子構造が破壊されると、温度効果による違いはほとんど見られないことが判る。

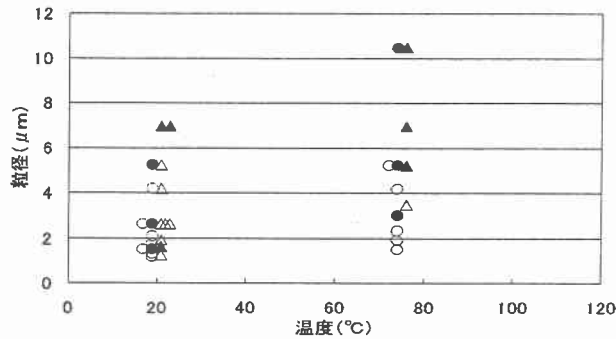


図-5 等方圧密後 鉛直断面の粒径－温度関係

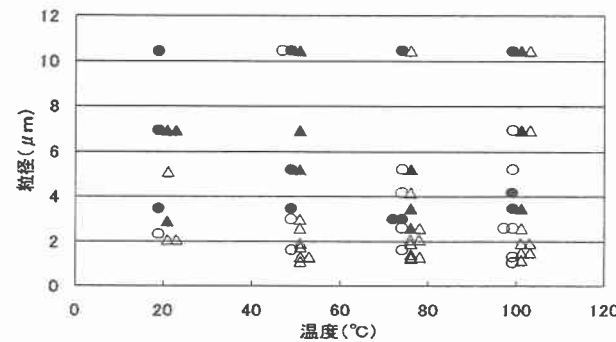


図-6 せん断後 鉛直断面の粒径－温度関係

5. 結論

高温履歴を与えた粘土の力学特性と粒子配列構造の関連性について本研究より得られた結果は以下の通りである。

①高温三軸試験で変相点における高温試料の強度は、同じ間隙比の低温試料のものより低下した。この原因として、等方圧密後に高温状態のまません断を行ったために、高温圧密によって発達した骨格構造が破壊されやすかったことが考えられる。②高温三軸試験の限界状態における強度に温度効果の影響が見られなくなる傾向があった。この原因としては、限界状態では十分せん断されているためせん断前の粒子構造の違いがほとんど無くなっていたためであると考えられる。しかし、この考察は 100℃以下の温度履歴を与えた粘土についてであり、今後は 100℃以上の試験を行う必要がある。

(参考文献)

- 1) 森脇武夫、和田陽子：粘土の微視的構造と高温再圧密効果、高温環境と土－粘土の微視的構造から廃棄物の地中処分問題まで－シンポジウム、pp. 119-126、1997。
- 2) 森脇武夫、木下洋樹、井上豊美：100℃を越える高温履歴を受けた粘性土の力学特性、土木学会第 56 回 年次学術講演会、Ⅲ-79、pp. 98-99、2001。