

粘土の強度・変形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
 広島大学大学院 学生会員 松本賢弥
 日本植生株式会社 正会員 ○舩田智江
 韓国大真大学 非会員 李 康日

1. はじめに

近年、粘土地盤が高温環境に曝される機会が増えており、高温履歴を受ける粘土の工学的性質の変化を明らかにすることが求められている。一方、近年の微視的構造観察技術の発達により、概念的にのみとらえられていた土の構造を観察することによって、極めてミクロな考察が可能となり、粘土の微視的構造が明らかにされつつある。本研究ではこのような背景のもとで、粘土に種々の高温履歴を与えることによって、粘土の強度・変形特性がどのように変化するかを力学的な面と微視的構造の面から明らかにする。

2. 方法

高温高压型三軸試験装置を用いて圧密非排水圧縮試験を行う。試料には沖積粘土の出島粘土を用いる。高温三軸圧縮試験の試験パターンを表1に示す。

また、シリーズ1、シリーズ2のせん断後の試料の走査型電子顕微鏡写真を撮影する。その写真をコンピューターに取り込んで粘土粒子画像上の濃度分布を測定し、パワースペクトル解析を行うことで、粒子配列構造を定量的に評価する。

表1. 試験パターン

	圧密過程		せん断過程
	最終圧密圧力 kPa	温度 °C	温度 °C
シリーズ1	80	20	20
	80	50	50
	80	80	80
シリーズ2	160	20	20
	160	80	80
シリーズ3	80	20	80

3. 実験結果及び考察

図1は間隙比変化量～温度関係である。図より、温度履歴の等しいシリーズ1、2については、高温試料ほど圧密時の間隙比変化量が小さいが、温度履歴の異なるシリーズ3ではシリーズ1の80℃の試料と比較して間隙比変化量は大きい。このことより、出島粘土は温度上昇により粘土粒子の骨格構造が発達し、その後の圧密に抵抗していると考えられる。骨格構造の発達の原因としては主に2つの理由が考えられる。1つはセメンテーションの促進であり、もう1つはイオン濃度である。本研究では試料に自然堆積土の出島粘土を用いており、高温条件で圧密したことによりセメント物質のこう結作用が進んだと考えられる。また、高温で圧密した試料の間隙水中のイオン濃度は室温のそれよりも高いという研究報告があり、これらのことで土粒子間の結合力が大きくなり、高位な骨格構造が形成されたと考えられる。

図2は主応力差～軸ひずみ関係であり、この試料はひずみ軟化の傾向を示している。シリーズ1、2については強度の変化の傾向はまちまちであるが、温度の高い試料ほどひずみ軟化の傾向は強い。また、シリーズ3については80℃でせん断をしたにも関わらずひずみ軟化の傾向は弱い。このことより、高

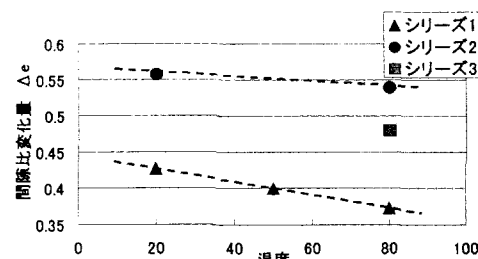


図1. 間隙比変化量～温度関係

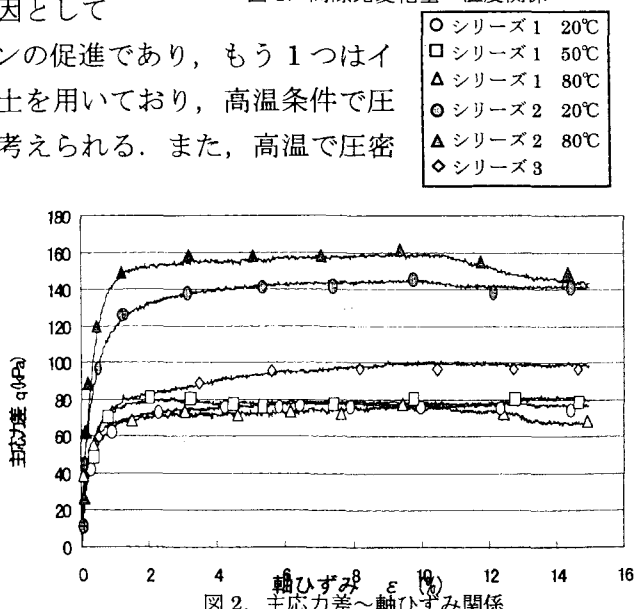


図2. 主応力差～軸ひずみ関係

温状態で圧密することにより強固な骨格構造が形成され、また、骨格構造の発達は高温に曝される時間に強く関係していると考えられる。

図3は最大主応力差～間隙比関係であり、図4は軸ひずみ15%時の主応力差～間隙比関係である。

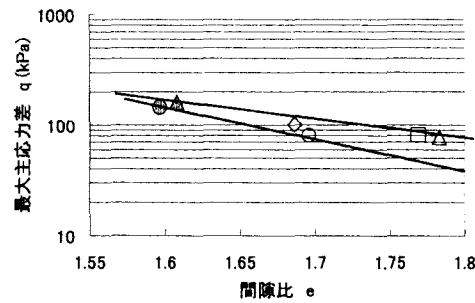


図3. 最大主応力差～間隙比関係

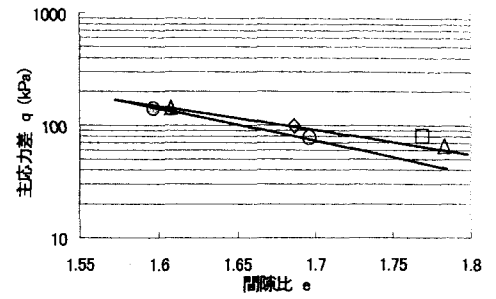


図4. 軸ひずみ15%時の主応力差～間隙比関係

それぞれ、シリーズ1, 2において同じ温度条件(20, 80℃)の試験結果を直線で結んでいる。図3より強度には温度依存性があるといえる。同じ間隙比で比較すると温度の高い試料ほど強度は増加していることから、高温のものは室温のものと比較してより強固な骨格構造が形成されていると考えられる。また、図4をみると、軸ひずみ15%時には温度による強度の差は縮まっていることがわかる。よって、軸ひずみ15%までせん断を進めると、高温圧密時に形成された強固な骨格構造は破壊され、徐々に温度効果が薄れていることを表している。

4. 画像解析結果及び考察

図5, 図6はシリーズ1, 2の80℃におけるせん断後の鉛直断面の粒径～角度関係である。これらの図より、30°で比較的大きな粒径が抽出され、120°で比較的小さい粒径が抽出されたことがわかる。このことは、限界状態線の傾きMの値から算出されたすべり面の角度 α (シリーズ1の80℃では65.76°, シリーズ2の80℃では72.47°)と一致する。画像解析の角度を図7に示す。またこのことより、せん断後にはすべり面に対して配向構造が形成されているといえる。よって、高温圧密時に発達した骨格構造はせん断後には破壊していることが確認できた。

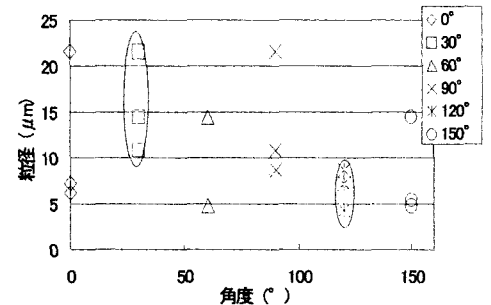


図5. シリーズ1 80℃ せん断後 鉛直断面

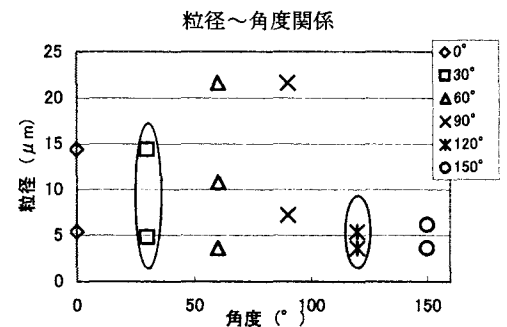


図6. シリーズ2 80℃ せん断後 鉛直断面

粒径～角度関係

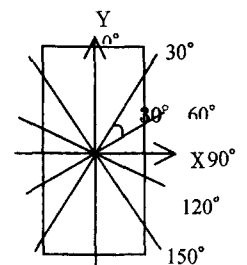


図7. 画像解析の角度

5. 結論

本研究より得られた主な結論を以下に示す。

- ① 高温圧密中においてはシリーズ1, 2においては温度の高いものほど間隙比変化量は小さくなり、シリーズ3はシリーズ1の80℃より間隙比変化量は大きくなった。このことより、温度上昇時に骨格構造が発達し、その後の圧密に抵抗すると考えられる。
- ② 主応力差～軸ひずみ関係より、高い温度で圧密したものほど強固な骨格構造が形成されるといえる。また、高温履歴の短い試料ほどひずみ軟化の傾向が弱いことより、骨格構造の発達は高温に曝される時間に強く関係していると考えられる。
- ③ 強度～間隙比関係より、せん断初期は温度の高い試料ほど強度は大きい、軸ひずみ15%までせん断を進めるとその差は小さくなり、温度効果が薄れている。
- ④ 画像解析結果を見てもせん断後の温度による粒子構造の差は見られず、せん断が進むことによって圧密時に発達した粒子構造が破壊していることが確認された。