

高温で再圧密された粘土の力学特性と理化学特性について

(株)ダイヤコンサルタント 正会員 小泉和広
 " 岸本弘樹
 " 坂上麻子
 運輸省港湾技術研究所 正会員 土田 孝

1. はじめに

筆者らは、高温で再圧密した粘土試料の力学特性が、室温で再圧密した粘土試料と異なり、年代効果を有する不攪乱自然粘土試料の挙動に近いことをいくつかの海成粘土について報告してきた^{1), 2), 3)}。さらに、高温、室温再圧密時における理化学的挙動を把握する目的で、それらスラリー粘土試料の再圧密時の排水と粘土試料内の間隙水について分析を行ってきた⁴⁾。本報告は、高温で再圧密した試料の力学特性と理化学分析結果をとりまとめて報告する。

2. 試料と試験方法

試験に用いた試料は、東京湾粘土および酒田港粘土である。力学試験に用いる試料は、含水比が液性限界の2.0~2.5倍になるように調整し、高温再圧密試料は、75℃の温水の中でスラリーの状態から1.00kgf/cm²まで段階的に圧密して作製した。室温再圧密試料は、20℃の温水の中で同様に圧密して作製した。最終段階の圧密が終了した後、再圧密容器から試料を取り出し一連の力学試験は室温にて実施した。

理化学分析の試料は、粒度試験で用いるシリンダーを利用し、それぞれ75℃、20℃の温水の中でスラリーの状態から自重で沈降させる方法で行った。沈降圧密が終了した試料は上面排水された水と沈降粘土を減圧吸引法にて抽出した間隙水について主成分分析を実施した。また、東京湾粘土試料と酒田港粘土試料のX線回折分析による鉱物組成を表-1に、コンシステンシー特性を表-2に示す。

3. 三軸試験結果

三軸C I U圧縮試験における東京湾粘土および酒田港粘土の高温再圧密試料と室温再圧密試料の軸差強度を圧密圧力で正規化した応力~ひずみ曲線をそれぞれ図-1(a)、図-1(b)に示した。図をみると過圧密領域の高温再圧密試料は、室温再圧密試料よりも強度が大きく、変形係数も大きいことがわかる。また、このときの応力経路をそれぞれ図-2(a)、図-2(b)に示した。東京湾粘土における破壊時の有効応力状態に関しては、高温再圧密試料と室温再圧密試料とではそれほど大きな差は見られないが、酒田港粘土の破壊時の有効応力比は、高温再圧密試料の方が室温再圧密試料と比較してはるかに大きくなっている。以上のことから、高温で再圧密する事によって発現される高温効果は、粘土試料によって異なるものと考えられる。

4. 理化学分析結果

力学試験において酒田港粘土の高温再圧密試料は、室温再圧密試料と比較すると明瞭な差が表れており、同時に実施した分析結果を表-3に示す。高温再圧密試料は、室温再圧密試料と比較してイオンの量が増加しているのが認められる。陽イオンについては、高温再圧密試料の間隙水のNa⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、が室温再圧密試料の間隙水と比較すると増加している。陰イオンにおいては、高温再圧密試料のHCO₃が増加しており、室温再圧密試料の2倍程度の量を示している。

一般に土粒子の骨格構造は、土の強度・変形特性に大きな影響を及ぼす要因の一つであり、構造の形成は、土

表-1 試料の鉱物組成一覧表

試料名	粘 土			シリカ		そ の 他			
	モンモリロナイト	イライト	緑泥石	石英	α-リネケイ石	東沸石	普通角閃石	斜長石	黄鉄鉱
東京湾粘土	微	微	微	中	微	—	微	小	微
酒田港粘土	微	微	微	多	—	微	—	小	—

* 鉱物の含有量 多>中>小>微>—

表-2 コンシステンシー特性

	W _L	W _p	I _p (%)
東京湾粘土	78.0	32.0	46.0
酒田港粘土	88.8	34.2	54.6

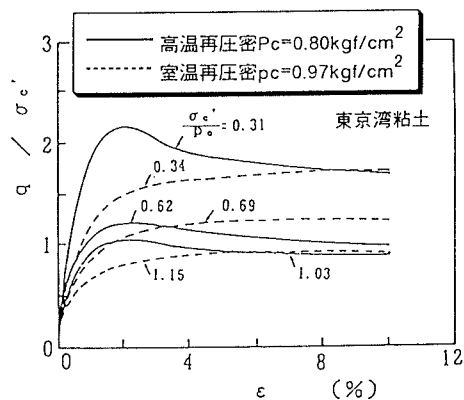


図-1(a) 応力~ひずみ曲線

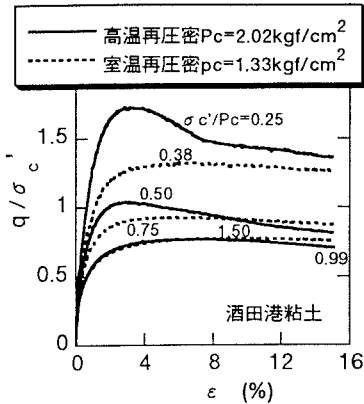


図-1 (b) 応力～ひずみ曲線

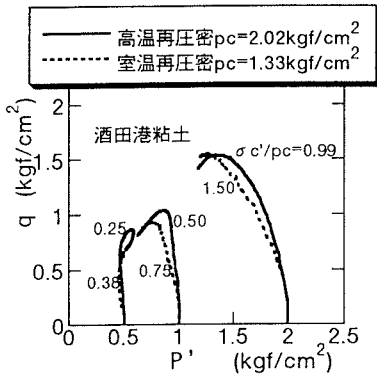


図-2 (b) 有効応力経路

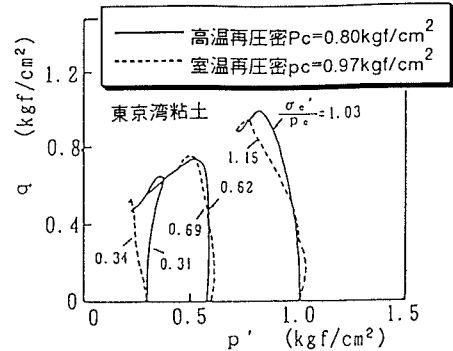


図-2 (a) 有効応力経路

表-3 分析結果一覧表

試料名	高温再圧密		室温再圧密	
	排水	間隙水	排水	間隙水
電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 18°C)	5880	6500	5570	6050
pH (RpH)	8.4	9.2	8.3	8.5
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na(+)	(23.00)	55.22	60.87	50.87
K(+)	(39.10)	2.86	1.85	1.58
Ca(2+)	(20.04)	1.10	1.67	1.28
Mg(2+)	(12.16)	2.92	5.98	5.08
陽イオン合計	62.11	70.37	58.81	62.08
HCO ₃ (-)	(61.02)	3.85	6.90	3.43
SO ₄ (2-)	(48.03)	29.15	30.61	25.23
Cl(-)	(35.46)	30.18	36.39	28.52
NO ₃ (-)	(62.01)	0	0	0
陰イオン合計	63.18	73.89	57.18	64.42
SiO ₂	38.00	22.00	22.00	44.00

粒子間に作用する吸引力と反発力により決定される。土粒子間に作用する吸引力や反発力に影響を及ぼす要因としては、①交換性陽イオンの種類、②外液の濃度、③pH等が挙げられる。①、②は電気二重層の厚さに影響を及ぼすものと考えられ、交換性陽イオンの原子価が大きいほど、または外液濃度が高いほど電気二重層の厚さが減少し、その結果土粒子間に作用する反発力が減少すると言われている。今回の酒田港粘土は、高温再圧密試料の間隙水の陽イオンが室温再圧密試料の間隙水と比較して多くなっていることから、土粒子凝集作用の増加や形成された骨格構造が保持されることによって、力学試験結果で表現される強度の差となって表れているものと考えられる。

5. 考察・おわりに

今回実施した酒田港粘土の他に大阪湾粘土、東京湾粘土についても力学試験と理化学分析を実施している。これらはすべて、力学試験による高温の効果が認められている試料であり、分析の結果も陽イオンが多くなっていることが確認されている⁴⁾。よって高温再圧密試料の高温効果の有無を確認する手法として、間隙水の分析は、有効な方法と考えられる。しかし、高温再圧密試料における高温効果の発現要因は、陽イオンの濃度だけではなく以下のことが考えられる。①温度上昇による見かけの電気伝導度の上昇による凝集作用、②水の粘性低下、③鉱物分解の風化による陽イオン濃度の上昇によって、電気二重層の厚さが減少して土粒子凝集作用の増加および形成された骨格構造保持、等が考えられる⁴⁾。さらに、力学試験の結果からも分かるように高温効果の発現の程度は、各地の粘土試料で異なることが既往の研究^{1), 2), 3)}で明らかとなっている。よって今回のように力学試験と理化学分析を実施し、高温効果の発現の程度を定量的に把握する事ができるようなカクログの作成を考えている。

参考文献

- 1) 土田孝他(1989): 高温再圧密による海成粘土の年代効果の再現, 港研報告, 第28巻, 第1号, 2) 土田孝他(1991): 高温で再圧密した粘土の強度変形特性について, 第26回土質工学研究発表会, pp. 617- 620 3) 小泉和広他(1995): 高温で再圧密された酒田粘土の力学特性について, 第30回土質工学研究発表会 4) 岸本弘樹他(1995): 高温再圧密中の粘土における化学的反応について(その4): 第30回土質工学研究発表会