

京都大学 正員 松尾新一郎

京都大学 学生員 嘉門雅史

I. まえがき——粘性土工学的性質に関しては凍結融解の問題、および実験室と現場との試験条件の不一致の問題など種々の立場から多くの研究がなされている。一方、近年構造物が多様化するにつれて高温物体を輸送する土中構造物あるいは発熱体を格納する土中構造物の出現などが考えられ、これらに対する土質安定問題の考究のためにも温度応答特性の研究は重要なものである。

II. 実験方法——実験材料としては、下に示す定数を持った粘土（浮泥）を選び、図1のような装置と付

Table 1. Physical and Chemical Properties of Clay Specimen

	L.L.	P.L.	P.I.	$\leq 2\mu$	Activity	Specific gravity	Organic Content	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	C.E.C.	Specific surface
加1	101.0	48.0	53.0	41 (%)	1.33	2.701	7.1 (%)	4.46	22.7 (meq/100g)	1.37 (m ² /g)

た直接せん断試験機によって圧密およびせん断特性と温度変化の相関を実験した。温度の漸増変化率の差異は循環温水の循環速度と恒温水槽に取付けたバルブで流入量を調節して行なった。用いた浮泥は未乾燥状態のものであり、実験の初期条件は表2のごとくである。

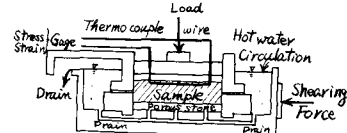


Fig. 1. Schematic of a temperature controlled consolidometer and shear-box testmeter.

実験の方法はつぎの2種のタイプで行なった。

Table 2. Initial Conditions of Test Specimen

Initial consolidation pressure	water content	degree of saturation	clay structure
0.1 (kg/cm ²)	99~117 (%)	92~98 (%)	Flocculated

①タイプI「漸増温度によるヒズミの変化

（圧密）とせん断性への影響」——常温（20℃）からの上昇温度差（ ΔT ）を 20℃、40℃ ととり、それぞれの上昇速度を変えて実験した。つぎの3種である。

① $\Delta T = 20^\circ\text{C}/50\text{ min}$ ② $\Delta T = 20^\circ\text{C}/200\text{ min}$ ③ $\Delta T = 40^\circ\text{C}/200\text{ min}$

これらによる圧密の後、 $\Delta T = \text{const}$ ；ヒズミ速度 1.0 mm/min でせん断し、えられた強度と比較した。

②タイプII「温度変化と破壊強度」——常温からの上昇温度差 ΔT を 0℃、20℃、40℃ にとって圧密終了させた供試体について、等体積せん断試験を行なって有効応力経路と求め破壊時のせん断応力とをえる。ヒズミ速度は 0.01 mm/min である。なお ΔT なる温度での圧密時間は3時間であり、所要温度の実験中の誤差は $\pm 1.5^\circ\text{C}$ であった。

III. 実験の結果と考察

①タイプI——温度上昇速度と上昇温度差による時間へヒズミ量の関係の一例を示すと図2となる。温度の増加によってヒズミ量は大きくなり、大なる温度変化は大なる変形量を与えるものである。また図は省略したが、上昇速度が大の時は小さい変形量を示し、速やかな温度上昇は供試体への伝達に時間的遅れを生じる結果である。また同一初期条件からの温度上昇を与えた場合には、図のように一次圧密が卓越するものである。つぎにせん断試験結果について示したのが図3、4である。明らかに温度上昇によって土の強度は減少する。Lagurusら（1969）は初期温度が大きければ間げき比 e が減少し密度が大になることから土の強度は増加するとしている。ところが図に示したよ

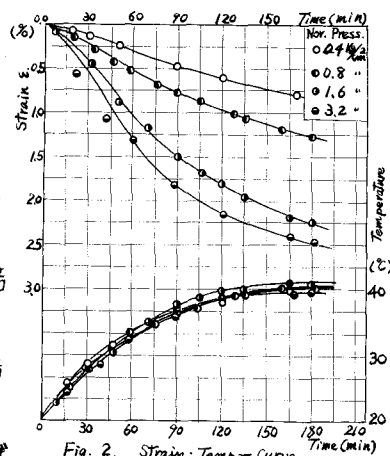


Fig. 2. Strain-Temp.-Curve

うに垂直応力が一定の場合、間げき比は温度が大なり小なりであるが、そのせん断強度は $\Delta T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ で比較して大きくなく、加えられた熱エネルギーが個々の粒子の接点結合力の減少ともたらしく強度を小さくしているものと考えられる。ところで粘土粒子表面の拡散層による粒子間反接力は温度の関数であり温度の増

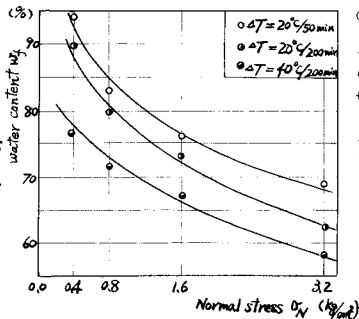


Fig. 3. $w_f \sim \sigma_N$

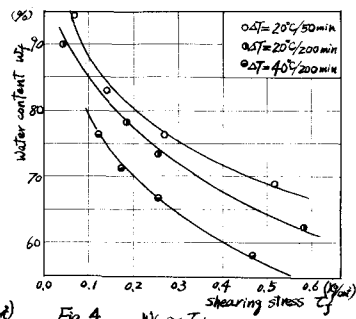


Fig. 4. $w_f \sim \tau_f$

大とともに反接力は増加する。これは粒子を分散構造化するものであり、あたかも垂直荷重が増大したかのような作用（熱荷重）をなし、間げき比の減少につながるものである。

⑤タイプII——等体積せん断試験結果を図5に示す。有効応力についていえば、せん断初期にみられるダイレイタンシーが生じない状態におけるせん断応力の増大はヒズミ速度が極めて小さいことからほとんど発生しない。ベクトルカーブは温度が大なり小なり図上で左下方へ移動し、ダイレイタンシーが大、すなわち粘土粒子の再配列が大きくなっている。せん断前段階の圧密終了時において、

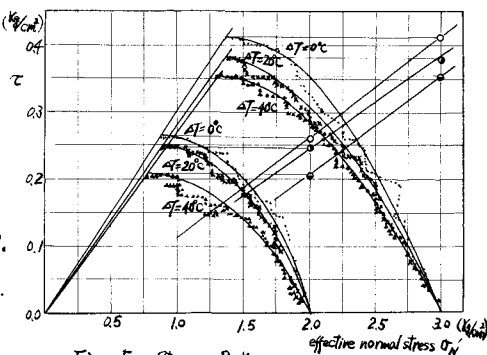


Fig. 5. Stress Path.

温度が大なり小なり間げき比は小さくなり密度が大きくなっていることを考えると、熱エネルギーの影響による接点結合力の減少は極めて大きいといえるだろう。破壊時含水比と有効垂直応力の関係は図6である。A-A線が常温時の $w_f \sim \sigma'_N$ であり正規圧密粘土の $e \sim \log p$ である。温度上昇による含水比

変化率は $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ で10%に達しており、温度変化が無視できないことを明確に示している。B-B線は w_f と破壊時有効垂直応力とを示し限界間げき比線（状態線）である。温度の上昇によって限界状態そのものが図上で左下方へシフトされることは、温度変化が土の特性そのものの変革を生ぜしめることと意味している。

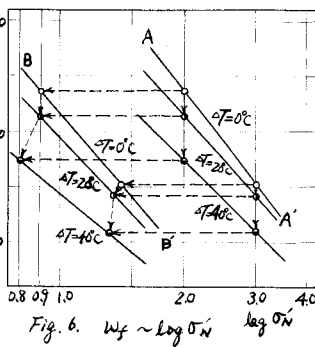


Fig. 6. $w_f \sim \log \sigma'_N$

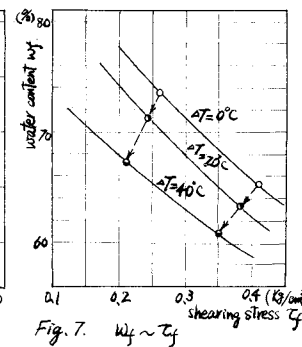


Fig. 7. $w_f \sim \tau_f$

せん断応力 τ_f と w_f は図7のようである。温度の上昇により破壊時含水比が小さいにもかかわらずせん断応力が小さく出ていて、土の構造の変革の結果であるといえる。

IV. あとがき——以上の結果によれば、温度変化が土の工学的性に無視できない影響を与えるものである。高温構造物（特に地城壁などの例も含めて）の計画施工においては十分な検討が必要であることを示している。また土質試験研究の際の実験条件の決定に関しても温度項の影響の吟味は省略しないものといえる。Reference: 1) R.F.Scott and H.Y.Ko, State of the Art Report, 7th Int. Conf. SM&FE, 1969, pp.1~47.