

III-A 61

粘土の間隙水系に温度変化が与える影響

芝浦工業大学 (正) 足立 格一郎

○ (学) 村上 睦 山本 栄至 加藤 秀一

1. はじめに

温度環境が粘性土に与える影響に関して、様々な報告がなされており、近年、これまで以上に重要な研究課題として取り上げられている。本研究では温度変化に対する間隙水の挙動に着目し、高温三軸圧縮試験機を用いて不攪乱粘性土試料に対し温度変化を与え、そのときに生じる間隙水圧変化（非排水条件）又は排水量（排水条件）を測定し、検討した。また、ステンレスダミー供試体を用いて温度変化に対する間隙水測定系への影響を観測し、対比・検討した。

2. 試料及び試験方法

本研究に用いた試料は、東京都江戸川区小松川（深度 12.0～12.8m）で採取された不攪乱沖積粘土試料（有楽町層下部層粘土： $w_L=44.0\%$ 、 $w_p=26.9\%$ 、 $I_p=17.1$ 、 $G_s=2.60$ ）である。この試料を高温三軸圧縮試験機を用いて等方圧密した後、非排水条件又は排水条件で温度変化を5サイクル与え（ $25^\circ\text{C}\rightarrow 75^\circ\text{C}\rightarrow 25^\circ\text{C}$ を1サイクルとする）、その時の間隙水圧の変化又は排水量の変化を測定した。等方圧密圧力 $\sigma_c$ は、この試料の有効上載圧（ $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）から $\sigma'_m$ を算定し、 $0.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ とした。また、比較・検討のため等方圧密圧力 $\sigma_c$ が $2.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ での試験も行った。尚、圧密前の試料のサイズは、 $\phi 50\text{mm}\times H100\text{mm}$ である。

測定系への影響を明確にするため、粘土試料と同サイズのステンレス円柱形供試体（ステンレスダミー）を用いて粘土試料と同様の試験を行った。また、粘土試料の圧密後の体積と間隙体積を算定し、これと同体積のステンレスダミーから間隙の体積を削り貫いた供試体（穴空きステンレスダミーと呼ぶ）を有効拘束圧 $0.7$ 、 $2.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ の2ケースについてそれぞれ作成した。その供試体を用いて粘土試料と同様の試験を行い、測定系への温度変化の影響を調べるとともに、温度変化が粘土の構造に与える影響を検討した。

3. 試験結果と考察

① 温度変化に対する間隙水測定系の反応

図-1は、有効拘束圧 $0.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ で行ったステンレスダミーの排水条件下での試験に関し、時間と排水量変化の関係を示したグラフである。図-1より、試料からの排水のないステンレスダミーにおいても、温度変化による見かけの排水量・吸水量が観測されていることがわかる。これは主として間隙水圧測定系の温度変化による反応と考えられるが、①1サイクル目の排水量（約 $0.6\text{cc}$ ）が2サイクル目の排水量（約 $0.5\text{cc}$ ）より多いこと、②温度変化により測定系に吸水傾向が見られ、それがサイクルとともに累積していく、などの現象が見られる。この要因については現在検討中であるが、温度変化が紙に与える影響が主因ではないかと考えられる。

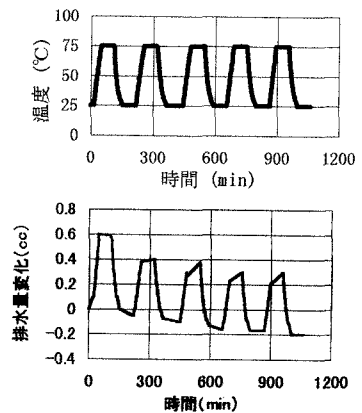


図-1 有効拘束圧 $0.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ ステンレスダミー排水試験での時間と排水量変化の関係

② 排水条件下での温度変化が不攪乱粘土試料に与える影響

図-2は、不攪乱粘土試料に対し、等方応力 $\sigma_c = 0.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ で圧密した後、排水条件のもとで温度変化サイクルを与えた時の排水量を時間に対して示したものである（温度変化の時間との関係は図-1と同じ）。又、図-2に点線で示したものは、等方圧密後の粘土試料と同一の全体積・間隙体積を持つ穴空きステンレスダミ

一に対して実施した同様の排水試験の結果である。

穴空きステンレスダミーの試験結果は、図-1のステンレスダミーの結果と類似した傾向を示しているが、水で満たされた空隙があるために排水・吸水量の値が図-1より大きい。一方、粘土試料に対する試験結果を見ると、①1サイクル目の排水量が2～5サイクルの排水量より大きい、②温度変化の繰り返しもともなって、排水量の絶対値は増加しており、ステンレスダミーとは逆の傾向にある、などの相違が認められる。

これらの結果より、粘土試料は温度変化によりその骨格構造に影響を受け、また最初の高温変化時とその後的高温変化時とで異なる挙動を示すことや、構造変化は累積傾向にあることなどがわかる。

### ③ 非排水試験での温度変化が間隙水圧へ与える影響

図-3は不攪乱試料に対する、図-4は穴空きステンレスダミーに対する、温度変化を与えた非排水試験（有効拘束圧  $0.7\text{kgf/cm}^2$  及び  $2.1\text{kgf/cm}^2$ ）での時間と間隙水圧変化の関係を示したものである。穴空きステンレスダミーに対する試験結果（図-4）を見ると、各サイクルでの  $75^\circ\text{C}$  における間隙水圧の値は、何れの有効拘束圧に対しても、それぞれ一定値を示している。しかし、図-3の不攪乱粘土試料における  $75^\circ\text{C}$  での間隙水圧の値は、サイクルを追うごとに上昇する傾向にある。よって不攪乱粘性土は非排水試験においても温度変化による影響を受けているといえる。尚、図-4で温度下降時に間隙水圧が負になるのは、前述のとおり、温度変化によるろ紙の変質などが関与しているのではないかと推測される。図-3より、有効拘束圧  $2.1\text{kgf/cm}^2$  の挙動は有効拘束圧  $0.7\text{kgf/cm}^2$  の挙動を強調したような形になっている。1サイクルだけを比較すると、有効拘束圧の比と間隙水圧の比は一致しているが、2サイクル以降は違ってくる。排水試験のときには、最初の高温で構造が急激に乱されて間隙比が小さくなったが、非排水条件では膨張した水が排水できないので、排水条件で試験を行うときよりも構造の変化は少ないと考えられる。特に、有効拘束圧  $\sigma_c$  が不攪乱粘土試料の先行圧密圧力  $P_c$  以内である  $\sigma_c = 0.7\text{kgf/cm}^2$  の試験において各サイクル毎の変化が小さい。一方、 $\sigma_c$  が  $P_c$  を上廻っている有効拘束圧  $2.1\text{kgf/cm}^2$  の試験では、非排水条件でも温度変化サイクルの影響が現れている。これは、粘土の骨格構造の変化が間隙水圧の累積傾向として示されているものと考察される。

以上に示すとおり、温度変化は試料のみでなく間隙水測定系にも影響を与えるので、今後、測定結果の評価をより厳密に行うプロセスを検討する予定である。

### 《参考文献》

- 1) 足立他：「せん断時の温度環境が不攪乱粘性土の力学特性に与える影響」土木学会第50回年次学術講演会、pp. 380-381
- 2) 足立他：「高温が不攪乱粘性土試料の特性に与える影響」第28回土質工学研究発表回、pp. 407-408

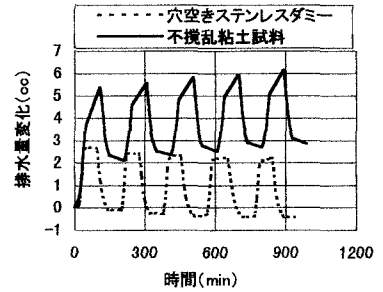


図-2 有効拘束圧  $0.7\text{kgf/cm}^2$  排水試験での時間と間隙水圧の関係

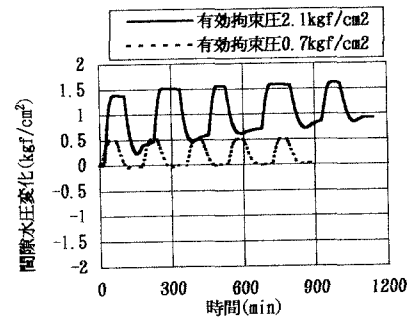


図-3 不攪乱試料非排水試験での時間と間隙水圧の関係

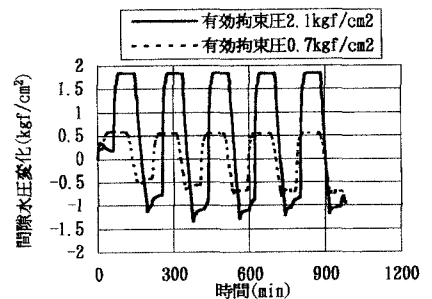


図-4 穴空きステンレスダミー非排水試験での時間と間隙水圧の関係