

広範囲の含水比における粘土の高温保存に基づく長期強度特性の評価（その1）

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆

信州大学工学部 学生会員○山本 穂

信州大学大学院 学生会員 野崎裕也

1. はじめに 粘土の粘性やせん断強度は、含水比が一定の状態においてもシキソトロピー現象によって経時的に変化する。せん断強度の変化は、含水比が液性限界よりも大きい場合には増加し、小さい場合には減少することが報告されている¹⁾。しかし、それらの長期間の挙動や定量的な予測手法など、未だ多くの課題が残されている。本文では、長期強度特性を定量評価するために、高温保存時の温度と保存時間をパラメータとする密閉状態での促進試験とその試料に対するゼリー強度試験を実施した。

2. 試験の概要

(1) 蒸発試験 高温状態においても粘土の初期含水比を一定に保つことが肝要である。そのために、高温保存期間における容器からの水の蒸発を防ぐためにシールテープと幅の異なるフッ素樹脂テープを用いて容器の密封処理を施した蒸発試験を行った。ガラス製容器（スクリー管瓶（ねじ口瓶）、容量 50 mL）に純水を 15g 加え（図-1 参照）、ねじ口部にシールテープを時計周りに巻き付け、ポリプロピレン製の蓋を締め込んだ後、蓋全体および蓋と容器との境界部分を覆うようにフッ素樹脂テープを巻き付けることにより、密封処理を施した。そして、3 種類の異なる温度に設定した高温炉（温度 $T=70, 60, 50^{\circ}\text{C}$ ）と恒温室内に設置した段ボールにより遮光した常温庫（ $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）の計 4 種類の温度条件で一定期間保存した。24 時間ごとに取り出し、容器の全質量を測定して、純水の蒸発量 (g) と蒸発率 R (%) を算定した。また、密封処理の効果を検証するため、容器に蓋をしない場合の純水の蒸発試験も実施した。

(2) ゼリー強度試験 試料には、NSF(C)粘土（液性限界 $w_L=57.5\%$ 、塑性限界 $w_P=35.7\%$ 、収縮限界 $w_s=37.6\%$ ）を用いた。所定の初期含水比 $w_0/w_L=0.8, 1.2$ に練り返した試料をガラス製の容器に詰め込み、蒸発試験と同様の密封処理を行って供試体とした。供試体を 4 種の温度条件（温度 $T=70, 60, 50, 23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）に静置し、所定時間（ $t=24, 72, 120, 240, 500\text{ h}$ ）経過後に取り出して、高温条件の場合には、恒温室内（ $T=23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）で 2 時間静置して常温に戻した後に、また、常温（ $T=23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）の場合は取り出し直後にゼリー強度試験（JIS K 6503 に準拠）を実施した。ゼリー強度試験は、ゼラチンなどの強さを測定するための試験方法であり、ガラス容器内の粘土に貫入棒（直径 12.7mm、断面積 $A=1.6129\times 10^{-4}\text{ m}^2$ ）を貫入速度 0.5 mm/sec で貫入した（写

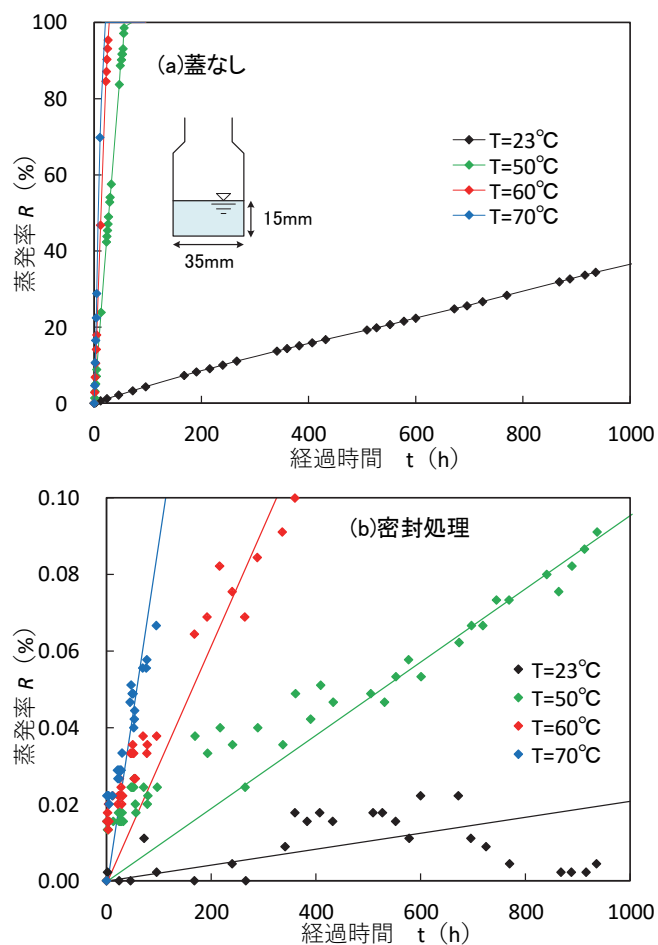


図-1 純水の蒸発量の経時変化

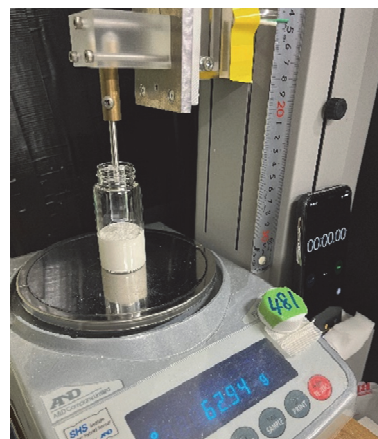


写真-1 ゼリー強度試験の概要

真-1). ゼリー強度 (g) は貫入距離 4 mm の貫入力として定義される. 貫入初期に下に凸の曲線となり変曲点を有する場合には, 変曲点以降の直線部分を延長して原点を補正した. すべての条件に対して 3 つの供試体を用いてその平均値により評価した. 参考までに, 貫入力 $1g$ は, 先端貫入抵抗に換算すると 0.0774 kN/m^2 に相当する.

3. 試験結果および考察

(1) 蒸発試験 図-1 (a), (b) に, それぞれ蓋なしと密封処理した場合における純水の蒸発率の経時変化を示す. 蓋なしの場合は, 高温炉下約 1~2 日で完全に蒸発してしまうが, 密封処理した場合は, 70°C の高温保存においても 1000 時間 (40 日程) 経過しても, 蒸発率は約 0.6%以下に留まる. 蒸発率は経過時間に比例しておりその外挿線に基づいて, 粘土試料中の水の蒸発量と含水比の変化の予測を行った. その結果, 30 g の粘土試料 ($w_0/w_L=0.8, 1.2$) を 70°C の高温炉で一年間保存した場合の含水比率は $w/w_L \approx 0.76, 1.15$ であり, 含水比の低下は小さいことが確認される.

(2) ゼリー強度試験 図-2 (a), (b) に含水比率 (試験後の試料の実測値) の経時変化を示す. $t=500\text{ h}$ までにおいて, $w_0/w_L=1.2$ の場合には 0.1 程度の低下である. 容器外への蒸発量は少ないが, 試料表面に薄く水が浮いている. 一方, $w_0/w_L=0.8$ の場合にはほとんど低下していない.

図-3 (a), (b) にゼリー強度の経時変化を示す. 液性限界以上の $w_0/w_L=1.2$ では, 比較的早い期間に強度低下し, その後再び, 強度が回復する傾向を示す. 一方, 液性限界以下の $w_0/w_L=0.8$ では, 強度増加後に一旦強度低下し, その後, 再び強度増加している. いずれの場合にも高温ほど強度変化が顕著である.

4. まとめ

密封処理した粘土 ($w_0/w_L=0.8, 1.2$) に対して, 常温 ($T=23^\circ\text{C}$) および高温保存 ($T=70, 60, 50^\circ\text{C}$) におけるゼリー強度の経時変化を測定した. その結果, 温度ごとの強度変化率の経時曲線が得られた. 強度変化は高温ほど顕著であり, 明瞭な高温促進効果が認められる.

謝辞 本文の実験方法は, 信州大学 三浦祐馬氏 (現 JR 東日本) の卒業研究を踏まえて改良した.

【参考文献】1) 須藤清次: チクソトロピー 農業土木学会誌, 33 巻, 2 号, p68, 1965

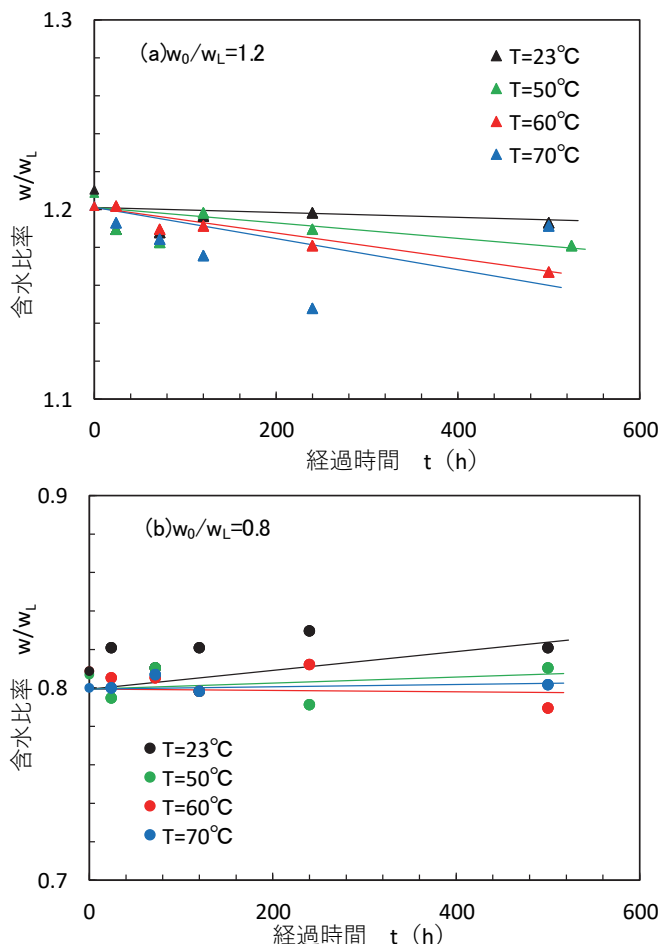


図-2 含水比の経時変化

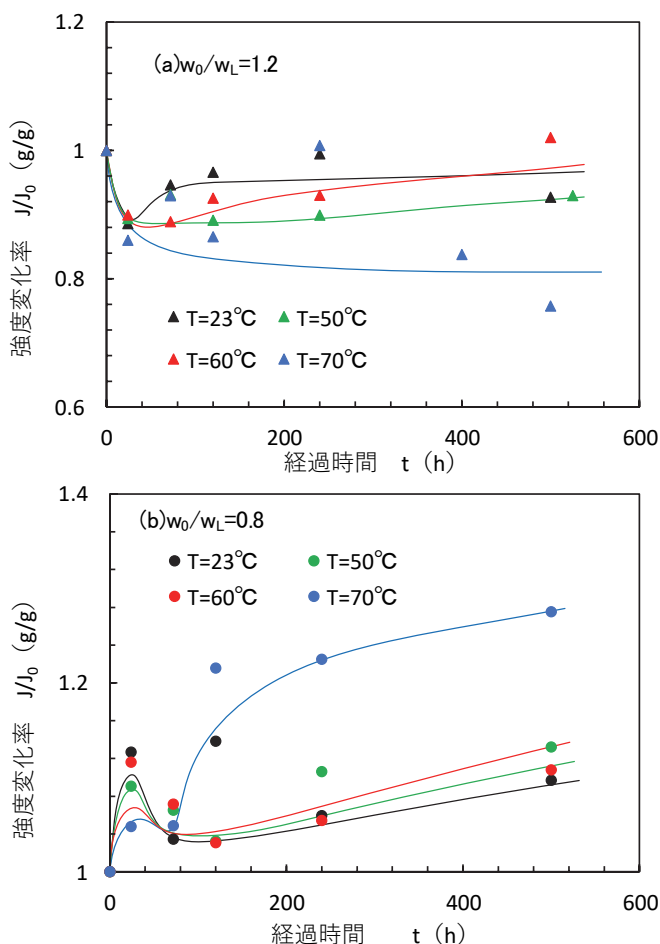


図-3 ゼリー強度の経時変化