

北海道工業大学 正員 ○多田 哲司
正員 神谷 光彦

1. まえがき

凍土に関する研究は、近年砂質土や粘性土では行われてきており、まだ統一的な試験法を定めるには至っていないが、その強度・変形特性に影響を与える様々な要因が定性的に把握されている。その特性に影響を与える因子としては、外的なものでは、ひずみ速度、温度、供試体寸法、供試体凍結方法などがあり、内的なものでは、土質、粒度分布、密度、含水比、塩分濃度、アイスレンズの分布状態、温度履歴、異方性などが挙げられている。しかし、特殊土を対象とした凍土の強度・変形特性についての研究はほとんどなされていない。そこで、本報告は、寒冷地に広く分布する泥炭を用い、凍土の強度変形特性に影響を与える因子である温度とひずみ速度を変化させた泥炭凍土の一軸圧縮試験を行い、粘土凍土のそれと比較したものである。

2. 試験装置および試験方法

1) 試験装置 低温一軸圧縮試験機は、三軸圧縮試験機に保温箱を取り付けたものであるが、ラムシャフトからの入熱および端面摩擦の影響を防ぐため、供試体と載荷盤の間にテフロンシートを張ったアクリル板を入れ、断熱および摩擦の軽減をはかった。温度制御は保温箱に冷凍機に接続し、冷風を循環させることにより行った。設定温度との誤差は保温箱内、供試体表面とも $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 程度であった。

2) 試料および供試体作製法 実験に用いた試料は岩見沢市付近よりブロックサンプリングにより採取した泥炭と比較のために用いた市販の木節粘土である。泥炭は不攪乱状態ものを、粘土は $420\mu\text{m}$ 以下を含水比 60% でスラリー状にし、 49kPa の圧力で 2 日間予圧密したものを、径 35mm 、高さ 88mm に成形し、供試体とした。試料の物理的性質は表-1に示す。

表-1 試料の物理的性質

試料名	泥炭	粘土
比重 G_s	2.27	2.63
強熱減量 $L_{ig}(\%)$	59.7	----
分解度 $H(\%)$	89.4	----
液性限界 $W_L(\%)$	----	58.6
塑性指数 I_p	----	36.5
平均含水比 $W(\%)$	296.3	38.0

3) 凍結方法および試験方法 成形後の供試体は、水分の昇華を防ぐため鋼製モールドに入れて密封し、 -4°C の温度で 16 時間凍結した。このとき、供試体内にアイスレンズは見られなかった。その後、供試体にゴムスリーブをかけ、保温箱に移し、所定の温度で 24 時間養生し、圧縮試験を行った。試験時の温度は -5°C 、 -10°C 、 -15°C 、 -20°C とし、ひずみ速度は供試体初期高さの 1.0、0.1、 $0.01\%/min$ とした。

3. 試験結果および考察

図-1 にひずみ速度 $0.1\%/min$ のときの、 -5°C 、 -20°C の応力～ひずみ曲線を示す。 -5°C においては、ひずみ速度の関係なく、泥炭、粘土とも塑性変形に近い型を示すが、粘土では温度が低下するにつれて、ピークが明瞭に現れる型へと推移してゆく傾向が見られた。しかし、泥炭では、温度、ひずみ速度の違いによる応力～ひずみ曲線の型の差はみられなかった。これは、泥炭繊維のからみ合いなどが影響しているものと考えられる。

図-2 に一軸圧縮強度と温度との関係を示す。泥炭と粘土では同一条件においては泥炭の強度が低くなっている。一般に、強度は砂、シルト、粘土、氷の順に低くなるとされており¹⁾、泥炭は間隙比が大きいため、強度が粘土より小さくなるのであろう。ま

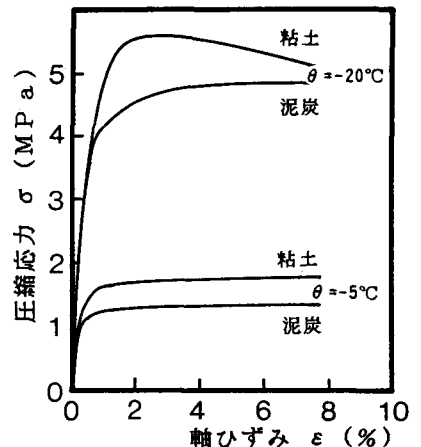


図-1 応力～ひずみ曲線

た、泥炭、粘土とも、温度が低下するにつれ、ひずみ速度が早くなるにつれて一軸圧縮強度が大きくなり、この温度の範囲では、泥炭の 0.01%/minを除き、温度の低下に伴う強度はほぼ直線的に増加する傾向にあった。しかし、泥炭の -5°C と -10°C では、ひずみ速度 0.01 と 0.1%/minにおいて強度の差がみられなかった。これは、不凍水分の量に起因するものである。すなわち、高い温度では不凍水分の量が多いため、強度の差はあまりみられないが、温度の低下に伴う強度増加は、不凍水分量の減少と間隙内に存在する氷の強度増加のためと考えられる。また、泥炭のひずみ速度 0.01%/minにおける強度増加率の減少は、後述する泥炭のクリープ破壊の影響によるものであろう。

図-3に一軸圧縮強度とひずみ速度を両対数の関係で示す。西林らは²⁾粘土でこの両者が直線関係となることを報告している。しかし、本実験では泥炭の -5°C 、 -10°C 、粘土の -5°C と試験温度の低いときには、異なった結果を示した。これは、西林らの実験では一度 -20°C で凍結したのち、改めて所定の温度に変えて試験を行っているのに対し、筆者らは、温度変化に伴う不凍水分の非可逆的な変化を避けるため、 -4°C の凍結し、温度を上げることなく所定の温度に変えて試験を行ったためであり、温度変化に伴う不凍水の非可逆的な変化が、強度・変形特性に影響を及ぼすものと考えられる。すなわち、初期の温度が高い試験では不凍水の量が多くなり、緩慢なひずみ速度では圧縮が不凍水の圧出をうながすため、強度に変化がなかったものと考えられる。さらに、泥炭では泥炭を構成する植物繊維内にある空隙の閉塞が主因となるクリープ破壊にも起因するものであろう。

図-4に変形係数 E_{50} と温度の関係を示す。 E_{50} は粘土の方が大きくなり、ひずみ速度 0.01%/minでは温度低下に比例して増加をするが、ひずみ速度 0.1、1.0%/minでは、粘土で -10°C 、泥炭で -15°C の付近が変曲点となって、変形係数の増加の程度が少なくなっている。また、ひずみ速度による変形係数の差はなく、変形係数に影響を与える因子は温度のみとなっている。

参 考 文 献

- 1) 井上、木下(1975): 低温科学, 物理編, No.33, pp243~253
- 2) 西林, 上野, 佐藤(1985): 土木学会第40回年次学術講演会概要集, 第3部, pp813~814

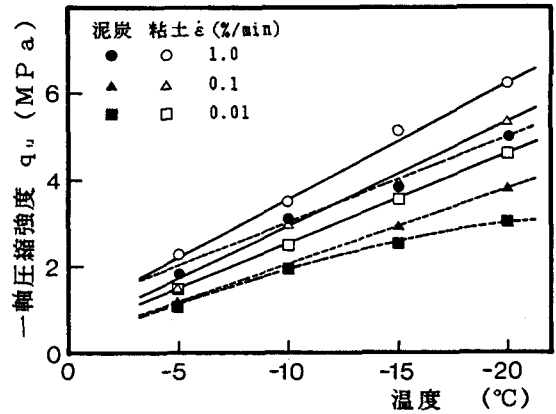


図-2 一軸圧縮強度の温度依存性

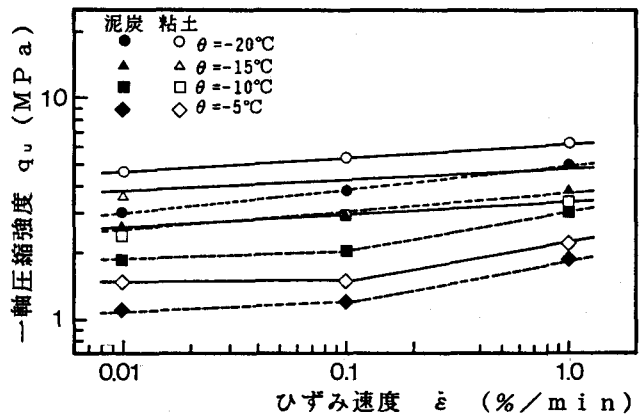


図-3 一軸圧縮強度のひずみ速度依存性

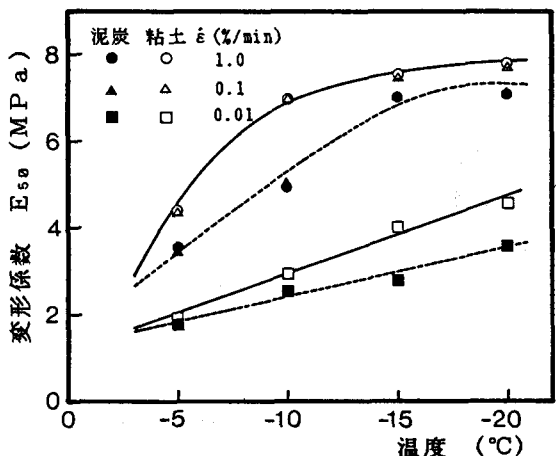


図-4 変形係数の温度依存性