



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	泥炭の圧密試験における温度変化の影響
Author(s)	梅田, 安治; UMEDA, Yasuharu; 井田, 充則 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(3), 293-298
Issue Date	1987-03-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12072
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(3)_p293-298.pdf



泥炭の圧密試験における温度変化の影響

梅田安治・井田充則

(北海道大学農学部土地改良学教室)

(昭和61年12月3日受理)

Influence of Temperature Changes on the Consolidation Test of Peat

Yasuharu UMEMA and Mitsunori IDA

(Department of Agricultural Engineering Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

I. はじめに

泥炭は植物残体を構成素材としていて、間隙が極めて大きいので、著しい圧密現象が長時間継続し、一般的にいわれる二次圧密は長時間にわたり、また一次圧密と同時併行的に進行しているともみられる。そのため、JIS規格などによる一荷重24時間という規準的な方法のみでなく、しばしば長期間にわたる圧密試験が実施されている。その時、荷重の変化などが無いのに、段階的に圧密されたような現象をみることがある。いまこの現象が温度の変化時と同時に起きることに着目し、供試体の温度変化が圧密量に及ぼす影響について検討した。

一般的土質では泥炭と比較して間隙量が小さく含水量の少ないこと、土粒子部分が圧密リングとはほぼ同じ膨張係数であることなどから若干の温度変化の影響が顕著にあらわれない。しかし泥炭では間隙比が20~5と極めて大きく水分量が多いことから、温度の影響が試験結果に表現されるのであろう。

いま、温度の影響を明確にするため温度変化を急激に与え、それにともなう圧密現象の進行をみるとともに、計算予測値との比較を行なった。

II. 計算予測

温度の変動は間隙水や実験器具の収縮・膨張によって供試体に体積変化を生じる。その体積変化にともない圧密沈下が生じる。この場合温度上昇時と温度低下時ではそれぞれ異なったメカニズムによって体積変化を生じる。なお、ここでは泥炭の固体部分の温度対応の挙動は考慮しないことにする。

温度が上昇する場合、沈下量は圧密リングの圧密面積の増加量に関係しており、間隙や物理的特性にはあまり影響を受けず、試料の種類より供試体の高さが関与している。

温度が低下する場合、沈下量は供試体内部に含まれる水の体積量に関係するため温度の低下量のみでなく、供試体の高さ、間隙量が重要な因子となっている。

そのほか、試験装置自体の膨張収縮を考慮に入れる必要がある。温度変動とともにダイヤルゲージ、ダイヤルゲージ支持棒、加圧板もそれぞれ膨張収縮を生じる。材質は、ダイヤルゲージ、ダイヤルゲージ支持棒がステンレス、加圧板が砲金である。

また、温度上昇時と温度低下時の沈下量を比較した場合、温度が上昇する場合に比べて温度低下する場合に大きいといえる。これは、リングの膨張量に比べて水の収縮量が非常に大きいためである。

II-1 供試体部分

II-1-a 温度上昇時

温度上昇とともに砲金でできた圧密リングが膨張し、リング内の内部面積が増加する。それと同時に試料間隙中の水も膨張する。この水と圧密リングとの体積膨張率は、それぞれ 2.1×10^{-4} と 1.7×10^{-5} で水の方が十分おおきく、それが制限要因とはならない。リングの膨張した分には供試体間隙中の水が排出すると考えられる。すなわち、供試体の圧密面積が拡大することにより高さが小さくなり間隙量の変化以上に沈下量として表現されることになる。すなわち、リングの膨張分だけが沈下として表現されることになる。

温度が t_1 から t_2 まで上昇する間の圧密リング内圧密

面積変化量 ΔS は、

$$\Delta S = 2\alpha \cdot \Delta t \cdot S$$

で表わされる。ここで α は砲金の線膨張係数 (1.7×10^{-5})、 Δt は温度差 ($t_2 - t_1$) である。この場合、温度上昇前後で泥炭自体すなわち構成素材の体積変化はないとすると

$$S \cdot h = (S + \Delta S)(h - \Delta h)$$

が成り立つ。ここでは S は圧密リングの内部面積、 h は供試体の高さ、 Δh は供試体の高さの変化量である。

すなわち供試体の沈下量は、

$$\Delta h = \frac{\Delta S}{S + \Delta S} \cdot h$$

で表わされる。

ここで供試体の体積は変化しないと考えたが、温度変化にともない土中水の体積変化はある。しかし、温度上昇にともなう土中水の膨張分は容易に排出されるであろう。排出される水の体積 V_w は、

$$\Delta V_w = \beta \cdot \Delta t \cdot V_w$$

で表わされる。ここで β は水の体積膨張係数 (2.1×10^{-4})、 V_w は供試体の水の体積である。

いま、 ΔS 、 $S + \Delta S$ は

$$\Delta S = 2\alpha \cdot \Delta t \cdot S$$

$$S + \Delta S = S \cdot (1 + 2\alpha \cdot \Delta t)$$

で表わされる。

沈下量は、

$$\Delta h = \frac{\Delta S}{S + \Delta S} \cdot h = \frac{2\alpha \cdot \Delta t}{1 + 2\alpha \cdot \Delta t} \cdot h$$

となる。

すなわち、いま供試体の高さが 1.5 cm で、温度変化量が 5°C なら、沈下量は 0.1×10^{-3} cm となることを示している。

II-2-b 温度低下時

供試体の温度の低下とともに間隙中の水が収縮する。同時に砲金でできた圧密リングも収縮し、圧密リング内圧密面積も減少する。このときリング内の収縮した体積より水の収縮量の方がかなり大きいため沈下が生じる。すなわち水の収縮した体積に相当する分だけが沈下として、またリングの収縮相当量は上昇として表現されることになる。温度低下 Δt の間の圧密リングの内部面積変化は、

$$\Delta S = 2\alpha \cdot \Delta t \cdot S$$

$$S - \Delta S = S(1 - 2\alpha \cdot \Delta t)$$

で表わされる。

間隙水の収縮量 ΔV_w は、

$$\Delta V_w = \beta \cdot \Delta t \cdot V_w$$

で表わされる。ここで V_w は、

水の収縮した体積に相当する量だけ供試体の高さは減少する。すなわち沈下量は、

$$\Delta h = \frac{\Delta V_w - \Delta S \cdot h}{S - \Delta S}$$

ここで $\Delta S \cdot h$ は圧密リング内圧密面積縮小にともなう実質部上昇量である。

排出される水の体積 ΔV_w は、

$$\Delta V_w = \beta \cdot \Delta t \cdot S \cdot h \cdot \frac{e}{e+1}$$

となる。

ここで e は供試体の間隙比である。

すなわち、沈下量 Δh は、

$$\Delta h = \frac{\left(\beta \cdot \frac{e}{e+1} - 2\alpha\right) \cdot \Delta t \cdot h}{1 - 2\alpha \cdot \Delta t}$$

となる。

いま、供試体の高さが 1.5 cm、間隙比が 10、温度低下量が 8°C なら沈下量は 2.1×10^{-3} となることを示している。

これらの計算結果は Fig. 1 Fig. 2 に示すごときものである。

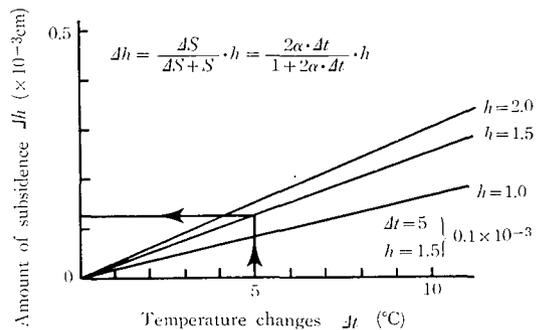


Fig. 1. Amount of subsidence during specimen temperature increases.

II-3 試験装置部分

実験装置の概略を Fig. 3 に示す。いま、砲金の膨張係数は 16.5×10^{-6} 、ステンレスの膨張係数は $17 \sim 18 \times 10^{-6}$ なので材質による差はないと考えられる。いま、影響を受けるのは供試体の高さに対応するステンレスのダイヤルゲージ支持棒の膨張量である。

試験装置による膨張収縮量 $\Delta h'$ は、 $\alpha \cdot \Delta t \cdot h$ で表され

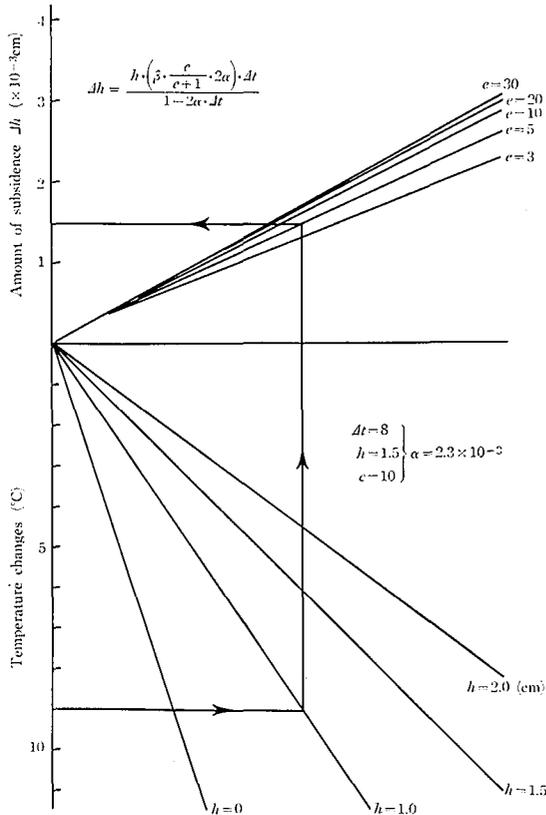


Fig. 2. Amount of subsidence during specimen temperature decreases.

る。ここで、 h は供試体の高さで 20 mm 以下、 Δt は温度差、 α は膨張係数である。

温度が上昇する場合、ダイヤルゲージ支持棒が膨張し、ダイヤルゲージが上方に移動し $\Delta h'$ だけ沈下量が多く表現される。そのため $\Delta h'$ 差し引く必要がある。

温度が低下する場合、ダイヤルゲージ支持棒が収縮し、ダイヤルゲージが下方に移動し $\Delta h'$ だけ沈下量が少なく

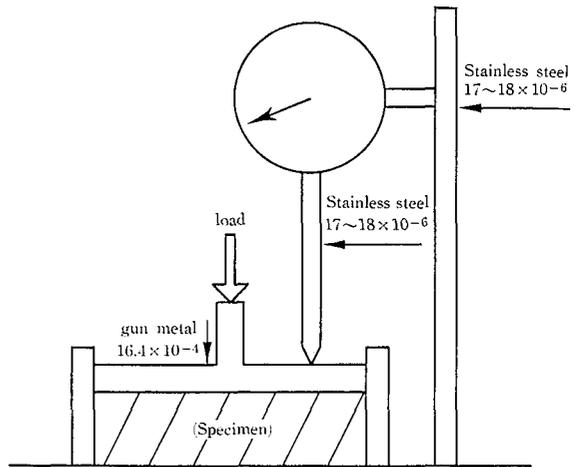


Fig. 3. Experimental apparatus and expansion coefficient.

表現される。そのため $\Delta h'$ 加える必要がある。

III. 温度変化をともなう圧密

圧密沈下に対する温度変化の影響をみるため供試体の温度に変化を与え、それにともなう沈下量を測定した。

供試体は美唄泥炭地・月形泥炭地・サロベツ落合泥炭地のものである。物理的特性を Table 1 に示す。試験はそれぞれの泥炭から各 2 個で計 6 個の供試体を使用して行なった。

供試体は 14 日間 2 kg/cm^2 で圧密を行ない、そのあと温度管理を行なった。各々 1 個の供試体は温度管理され、他の 1 個は対照実験として室温のみの影響を受けた。

温度管理は室温の日最高・最低を考慮に入れ、 10°C と 20°C に設定した設定温度継続時間は 3~4 時間とした。

温度管理は、水浸箱内の水を冷水と温水を入れ替えながら、温度を調節して行なわれた。沈下量測定は 1 時間おきに行なった。

Table 1. Physical properties of peat

	Bibai	Tsukigata	Sarobetsu
Moisture ratio (%)	1404	597	1310
Degree of decomposition (%)	28.7	28.0	24.9
Ignition loss (%)	96.7	56.8	92.9
Specific gravity	1.68	1.93	1.60
Forming plant	Sphagnum Reed	Middendorf Sedge	Sphagnum
Initial void ratio	18.3	12.4	27.4

IV. 試験結果と考察

温度変化にともなう圧密沈下の計算値と試験観測値を, Fig. 4 Fig. 5 Fig. 6 に示した。ただしこの値は各

温度における総沈下量で示してある。温度差を 10°C とした場合の1周期の沈下量計算値は 2/100 mm~3/100 mm となっており, 試験観測値は, 2/100~3.5/100 となっている。沈下量計算値と試験実測値の差の原因は, この

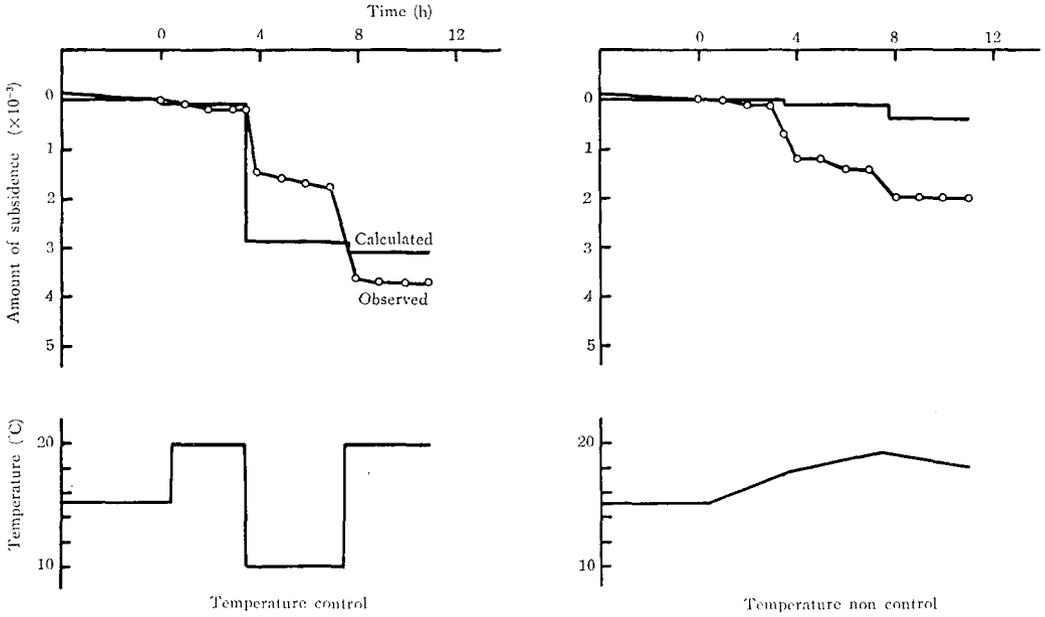


Fig. 4. Relationship between consolidation of peat in BIBAI and specimen temperature.

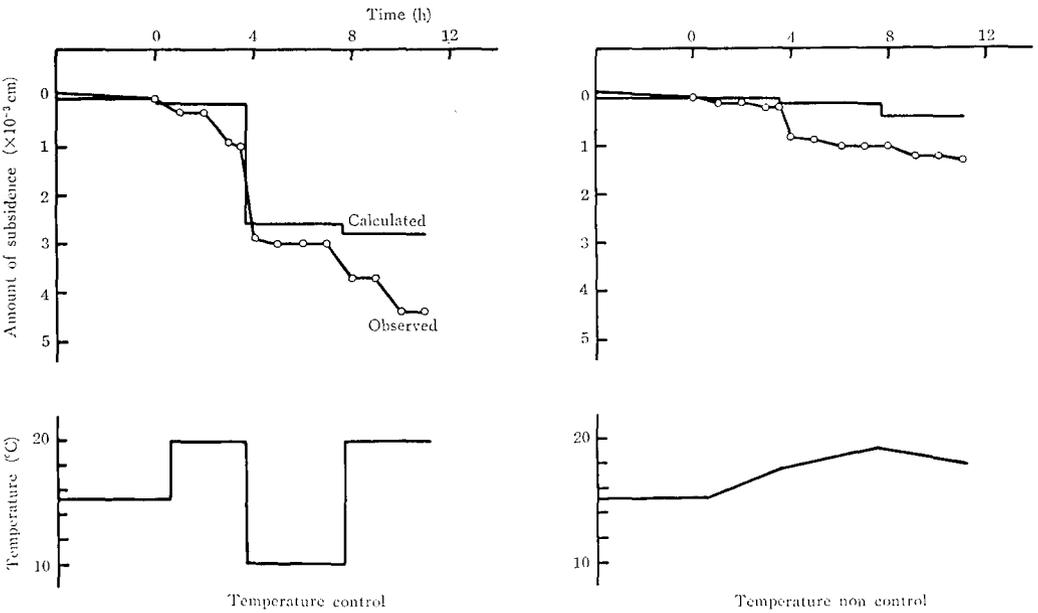


Fig. 5. Relationships between consolidation of peat in TSUKIGATA and specimen temperature.

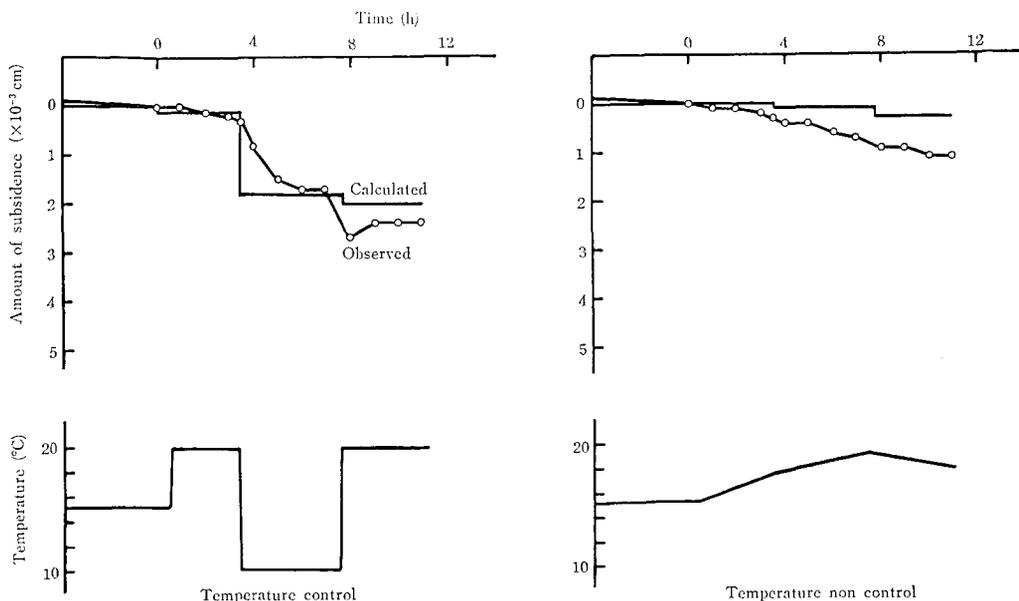


Fig. 6. Relationship between consolidation of peat in SAROBETSU and specimen temperature.

試験が行われたとき、まだ圧密沈下が続いていたためである。

測定時間内の圧密沈下量は、実測値から計算値を除いたものである。測定時における圧密沈下量実測値と計算値との差は一定値になるはずである。

Fig. 4 Fig. 5 Fig. 6 より温度が変化すると沈下が生じることが示されている。

このとき圧密沈下はまだ続いているが、室温のみの影響を受けている場合と比較した場合明らかに温度の影響による沈下が認められる。また計算予測値と試験観測値が一致しないのは、泥炭の性質上構成素材となる繊維がカラム効果などにより沈下を妨げようとするが、破壊強度を越えると急に座屈が生じ、大きな沈下へとつながるなど連続的な沈下を示さないためである。

温度低下ともなる圧密沈下は、おもに水の収縮に関係しているため間隙量が大きく関係している。また温度上昇による沈下は圧密リングの膨張により増加した体積変化に関係があり、間隙量はあまり関係していない。

水の体積熱膨張係数が非常に大きいため温度低下時と温度上昇時を比較すると、温度低下時の時に大きな沈下が得られる。

同じ理由により温度上昇したとき内部の水が排水され、元の体積が減少する。しかし、温度低下の場合には、水は排出されないため元の体積は変化しない。

一般的に通常状態では1日の温度変動は上昇1回低下1回を一周期としているため両過程の沈下量が加算されたものとなる。

また、沈下は温度変化にともない直ちに生じている。10°Cの温度変化を与えた場合、沈下は1~2時間以内に終了しているといえる。このことは圧密沈下現象が温度変化に対して敏感に反応していることを示している。

以上のことにより、温度変化が圧密試験に与える影響が大きいことがわかる。

V. おわりに

泥炭による圧密試験は、間隙や含水量が多いため温度変化の影響が顕著に現れる。特に長期圧密試験の場合などには無視できなくなる。この影響は、温度の上昇時よりも低下時に大きいことを試験により検証した。また、温度が変化した場合沈下現象が直ちに生じることが明確になった。

これらのことから泥炭の圧密試験とくに軽荷重で長期間にわたるときには温度変化が著しい影響を与えることを実証した。泥炭地の地盤沈下の解析などに際して多くの示唆を得るものであった。

圧密試験に際して御協力いただいた土地改良学講座の各位、また種々の御討議いただいた清水雅男氏に感謝いたします。

Summary

Consolidation tests of peat are considerably influenced by temperatures due to the high void ratio and water content. With long-term consolidation tests of peat, the consolidation behavior is observed stepwise, simultaneous with temperature changes. As a result, the temperature variation of the behavior of peat specimens were expressed theoretically, and experimentally verified.

Shrinkage variations in the volume of peat specimens occurred with both temperature increases and

decreases, with different mechanisms. Subsidence with temperature increases corresponds to increases in the consolidated area involving swelling of the consolidation ring. With temperature decreases, the void ratio is an important factor, because the subsidence corresponds to the shrinkage in the water volume of the specimen rather than the consolidation ring behavior. For the above reasons, temperature management of specimens for peat consolidation, especially for long terms and light loads, is a matter of great importance.