

II-36 雪の粘性係数の測定

岩手大学工学部 学生員○工藤明彦 学生員 大橋伸之
正員 笹本 誠 正員 堺 茂樹
正員 平山健一

1. はじめに

雪は粘弾性体であり積雪層は時間の経過と共に自重や上層の雪の重さによって圧密し、深さが減少すると共に密度が増加する。この様な雪の変形特性の研究は積雪深の検討、構造物に働く雪荷重の推定にとって重要である。本研究は小島の粘弾性理論に基づいて、雪の変形に対する抵抗の大きさを表す雪の粘性係数を実験的に検討した。

2. 実験の概要

実験は豊富な積雪が期待できる岩手県沢内村雪国文化センター敷地内で、しまり雪層について行った。実験中の気温変動による測定値への影響を抑えるため雪室を造り、その中で気温をほぼ一定（ $-2 \sim -3^{\circ}\text{C}$ ）に保ち行った。実験に用いた供試体は自然の積雪中より密度の均一な雪層を選び、塩ビ管を積雪層内に鉛直方向に差し込み供試体を採取した。供試体の上下端面を塩ビ管の上下端に合わせて平らに整形し、試験台に固定する。供試体上端に荷重を載せ、ポイントゲージを用いて、一定時間ごとに供試体上面の沈下量を測定した（図1）。測定は沈下量がほぼ一定になるまで継続し、圧密試験終了後に供試体の重量を測定し密度の経時変化を求める。供試体の高さはその製作時に、自由に変えることができ、塩ビ管の直径は2種類（ $d = 25, 15.4 \text{ cm}$ ）、荷重も数種類用意し圧密荷重を調整した。本試験では $12 \sim 18 \text{ g/cm}^2$ の範囲で載荷した。

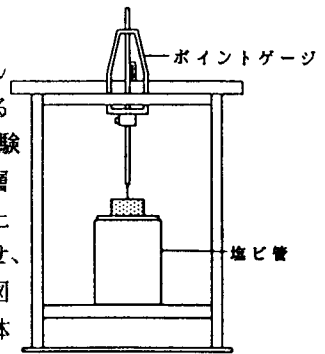


図-1 実験装置

3. 結果及び考察

小島の研究によると雪の粘性係数は密度と気温の関数として与えられているが、本報告ではしまり雪の密度と粘性係数の関係を求めるため、その一段階として（1）供試体の高さによる影響（2）供試体の直径による影響（3）圧密荷重による影響の3つについて検討した。

沈下量を供試体の長さで割った歪みと時間の関係の測定例を図2に示す。縦軸が歪み、横軸が時間 $T(\text{hr})$ である。時間の経過と共に歪みの変化量は小さくなっているが、これは荷重により積雪層の骨格構造が変形し、間隙が減少してより強い構造に変化し、密度が増すとともに粘性係数が大きくなり歪みにくくなるためである。このことにより粘性係数が密度の関数であるのは明らかである。荷重載

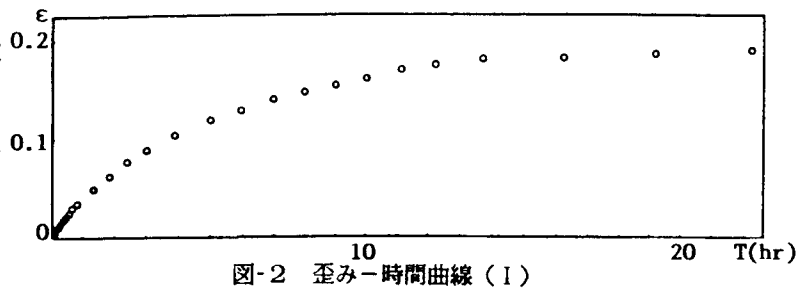


図-2 歪み-時間曲線 (I)

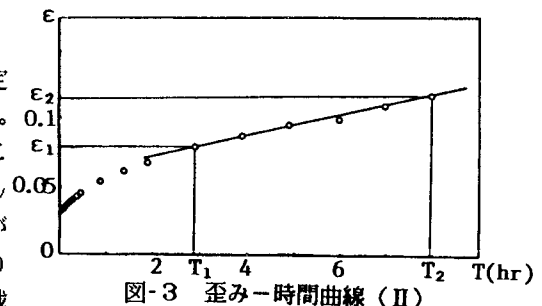


図-3 歪み-時間曲線 (II)

荷後、歪の変化は徐々に減少するが、本研究では積雪のゆっくりとした長期間にわたる変形を目的としているので、歪が直線的に変化する範囲で直線近似し、図3に示すように、その傾き $(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (T_2 - T_1)$ と圧密荷重 $F(\text{g/cm}^2)$ により次式を用いて粘性係数 (ηc) を求めている。

$$\eta c = F \cdot (T_2 - T_1) / (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)$$

供試体の高さを変えた場合の粘性係数と密度の関係を図4に、供試体の直径を変えた場合の関係を図5に、また荷重を変えた場合の関係を図6に示した。いずれも縦軸が粘性係数 $(\text{g} \cdot \text{min/cm}^2)$ 、横軸が密度 (g/cm^3) である。小島の実験結果は実験開始時の密度を用いているのに対し、上図では、直線を引き始めた時点での密度を用いている。図の矢印の先端は直線を引いた範囲の最終密度を示している。これらの図によれば供試体の直径、高さ、荷重による粘性係数への影響は、本実験の範囲では小さいと結論できる。また密度と粘性係数の関係は、いずれも図中に実線で示した小島の試験結果に近い値を示しており、密度の増加と共に粘性係数も増加している。

4. おわりに

供試体の高さや直径を変えれば塩ビ管に触れる単位体積当りの面積も変化し、供試体の変形に影響が生じることが予想されたが、今回実験した雪質の範囲ではこれらの影響は見られなかった。今後密度の小さい新雪やその値が大きいザラメ雪についても実験する必要がある。

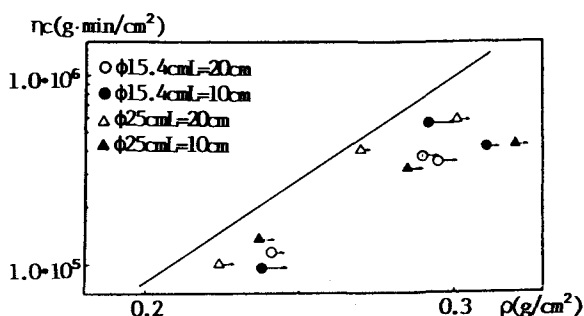


図-4 管長による影響

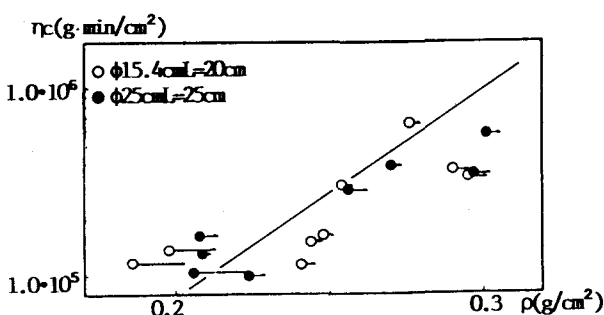


図-5 管径による影響

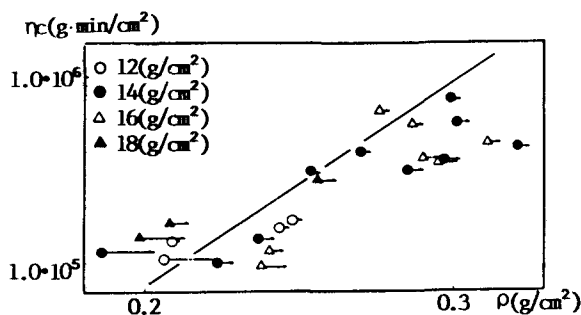


図-6 圧密荷重による影響

今回の実験にあたり、沢内村及び沢内村雪国文化研究所より御協力いただいたことに感謝いたします。

参考文献

- 小島賢治：積雪の粘弾性、低温科学物理編、1954年
- 小島賢治：積雪の粘弾性圧縮、低温科学物理編 I～IV、1955～1958年
- 日本建設機械化協会編：「新防雪工学ハンドブック」、森北出版、1977年11月
- 高橋・中村：「雪氷防災」、白亜書房、1986年11月