

北陸地方の湿り雪の圧縮特性に関する研究

金沢大学工学部 正 員 ○宇治橋 康行

金沢大学工学部 正 員 高瀬 信忠

福井県庁 西川 秀和

金沢市役所 原 孝治

1 はじめに

わが国の国土の約半分は、いわゆる豪雪地帯であり、これらの地域では古くから多くの雪害に悩まされてきた。しかし、近年の科学技術の進歩や雪国の住民意識の変化により、「雪害」の時代から「克雪」、「利雪」の時代を経て「親雪」の時代へと雪国も次第にその姿を変えつつある。このような流れを確固たるものとし新しい雪国時代を開いていく上で、雪の持つ諸性質および現象のより一層の理解が必要である。

雪の重要な力学的特性の一つに圧縮性がある。雪の圧縮特性を理解することは雪崩や積雪の沈降力等による災害の防止や積雪深の予測を行う上で重要であり、これまでに北海道などの比較的低温条件での圧縮粘性係数については多くの実験が行われているが、北陸地方のような暖地の湿り雪の圧縮粘性係数については余り調べられていない。本研究では北陸の湿り雪を対象として野外における圧密実験を行い、雪の持つ重要な性質の一つである圧縮粘性係数について実験的に検討した。

2 雪の圧縮過程

雪に一定荷重を載荷した場合の典型的な歪-時間曲線は図1に示すようなものであり、図2に示すレオロジーで使われる、MaxwellモデルとVoigtモデルを直列につないだBurgerモデルを用いて式(1)により表される。

$$\epsilon(t) = \frac{F}{E_1} \left[1 + \frac{1}{\tau_1} t + \frac{E_1}{E_2} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{\tau_2} t\right) \right\} \right] \quad (1)$$

ここに、Fは載荷重、 E_1 および E_2 はそれぞれMaxwellモデルおよびVoigtモデルの弾性係数、 τ_1 は緩和時間、 τ_2 は遅延時間でありそれぞれ次のように表される。

$$\tau_1 = \eta_1 / E_1 \quad (2), \quad \tau_2 = \eta_2 / E_2 \quad (3)$$

ここに、 η_1 、 η_2 はそれぞれMaxwellモデルおよびVoigtモデルの粘性係数である。篠島、小島によれば、自然積雪では式(1)の第2項のMaxwellユニットの粘性歪が支配的であり、結局、歪の時間変化は式(4)のように近似できる。

$$\epsilon(t) \approx \frac{F}{\eta_1} \quad (4)$$

3 実験装置および実験方法

圧密実験にはポイントゲージ、ポイントゲージ固定用たる木、ポイントゲージ支持用塩化ビニール製円筒、載荷板および積雪資料の採取器を兼ねた資料の拘束用黄銅製円筒(内径11.4cm、高さ21cm)から構

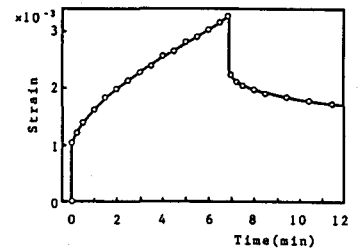


図1 典型的な雪の歪-時間曲線

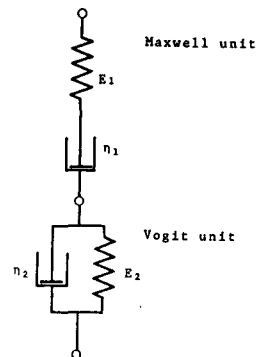


図2 Burgerモデル

成された図3および写真1に示すような装置を用いた。実験は、あらかじめ周囲の雪と同じ温度に冷やした資料採取用円筒を用いて積雪層からできるだけ均一な雪を水平方向に採取し、資料の上に載荷板を載せさらに載荷重を加え資料の圧縮量をポイントゲージで読み取った。測定

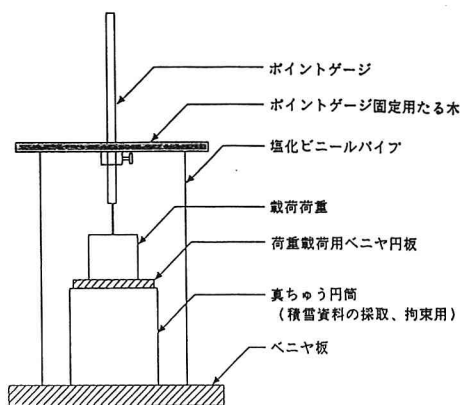


図3 圧密実験装置

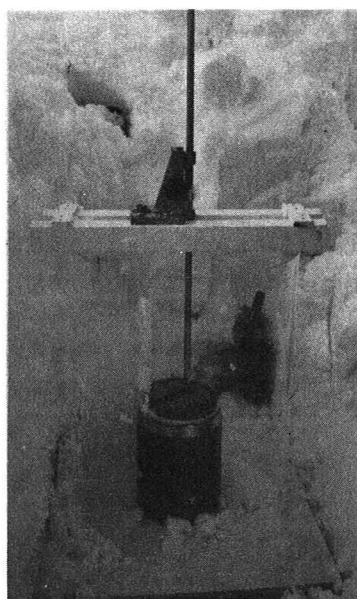


写真1 圧密実験装置

は載荷30秒後から開始し、5分までは30秒間隔、10分までは1分間隔、20分までは2分間隔、60分までは5分間隔、それ以後は10分間隔で120まで測定し、歪-時間曲線を求めた。実験前の雪の密度は、資料を採取したと同じ積雪層から採取した資料を用いて測定し、実験終了後実験に用いた資料の密度を測定した。実験は平成3年1月22日～2月9日に石川県白峰村において40ケースの実験を行なった。

4. 実験結果

実験により得られた典型的な歪-時間曲線を図4に示す。図から北陸の湿り雪は図1とほぼ同様の挙動を示すことが分かる。したがって、積雪の圧縮粘性係数は歪速度 ($\Delta \epsilon / \Delta t$) を図の直線部の勾配として最小2乗法によって求め、 $\eta = F / (\Delta \epsilon / \Delta t)$ により求められる。図5はこのようにして求めた圧縮粘性係数を密度に対してプロットしたものであり、図中には篠島および小島の実験結果を併記した。図5から北陸の湿り雪においても、圧縮粘性係数の密度依存性は北海道の雪とそれほど大きな違いが無いことが分かる。ただ、北陸の湿り雪のほうが北海道の雪に比べ圧縮粘性係数がやや小さいと言える。

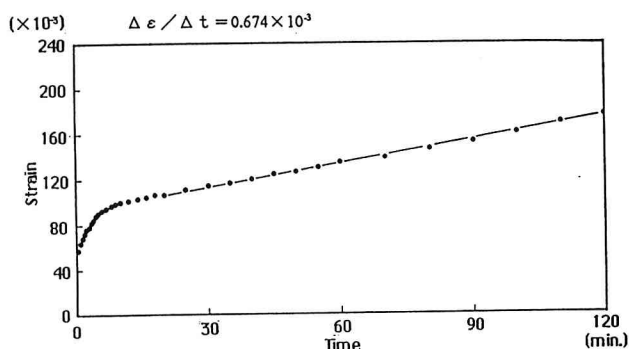


図4 圧密実験結果の一例（ケース16）

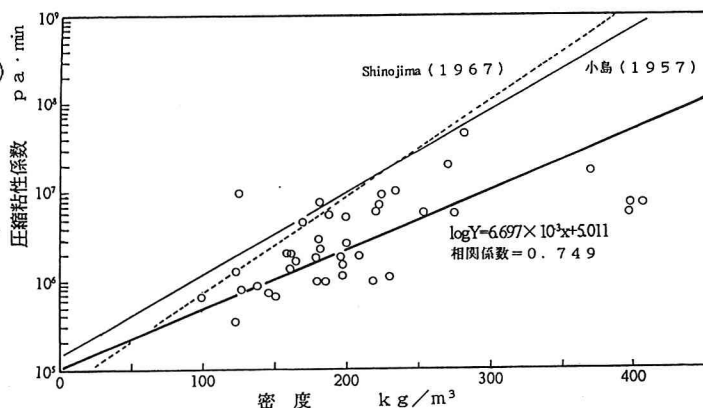


図5 北陸の湿り雪の圧縮粘性係数と密度の関係