

形状記憶樹脂材料を用いた融雪模型実験 Snowmelt Model Test using Shape Memory Polymer

森 洋
Hiroshi Mori

○宍戸 謙
Ken Shishido

1. はじめに

積雪寒冷地では、気象変化に伴う早期着雪や短期融雪により、樹木の枝折れや施設構造物の破壊といった雪害が発生している。雪害は地中温度の上昇に伴う地表面付近での春先の融雪時に多く見られ、重力による下方向への引張力（沈降力）が強まることで生じると考えられている（Fig.1 を参照）。また、実験の多くは自然積雪を用いた実験であり、気象条件等の不確定要素が多く、実験の再現性が乏しい¹⁾²⁾。

本研究では、温度変化により剛性が変化することで、見かけの積雪密度が変化する形状記憶樹脂材料(株式会社 SMP テクノロジーズ製)を用いた雪モデル(Fig.2 を参照)を作成し、沈降力による各種の再現実験を行なった。

2. かまくら崩壊実験

Fig.3 には、雪モデルをアーチ状に組むことでかまくらをイメージした実験装置を示しており、温度管理が比較的容易な水中（比重 1.175）で実験を行った。Fig.4 には、アーチ頂点部（No.1）での水温変化に伴う移動変位量を示している。温度制御を 5℃→30℃→5℃→30℃と実施したが、最初的水温上昇と同時に変位が始まり、水温を下げる段階では約 20mm の残留値に達した。また、再度温度を上昇させることによる形状記憶樹脂の特性による、アーチ構造の復元性は見られなかった。Fig.5 には、かまくら実験での崩壊状況を示した。頂点部 No.1 は概ね真下方向へ変位しているのに対し、No.2 と No.3 は側方へ倒れ込む傾向にあり、実際の崩壊状況と同様な変状を再現することが出来た。

3. 枝折れ実験

Fig.6 は、遮蔽壁がある場合の枝折れ実験装置を示す。枝折れ実験では、厚さ 0.7mm、長さ 9cm の硬質塩化ビニール製シート（E=2943MPa）を疑似枝として、かまくら崩壊実験と同様に水温を変化させていく（比重 1.05）。

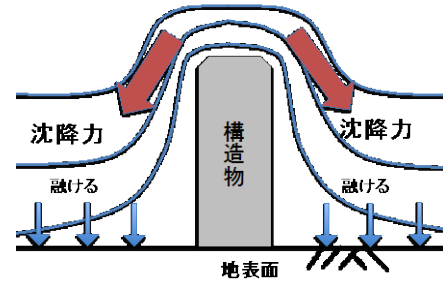


Fig.1 沈降力
Settlement force

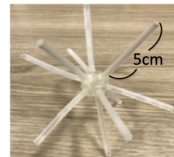


Fig.2 雪モデル
Snow model

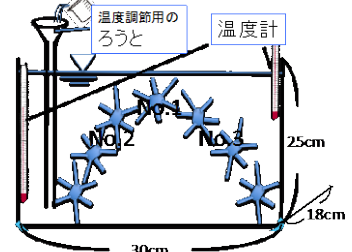


Fig.3 かまくら崩壊実験装置
Kamakura test apparatus

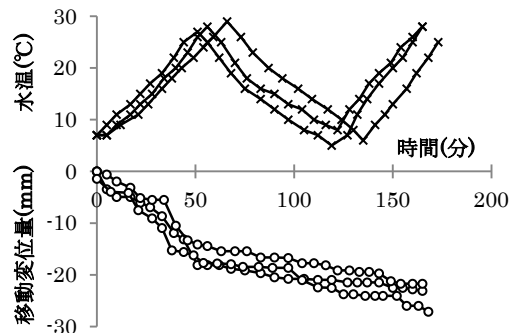


Fig.4 頂点部（No.1）移動変位量
Displacement of top(No.1)

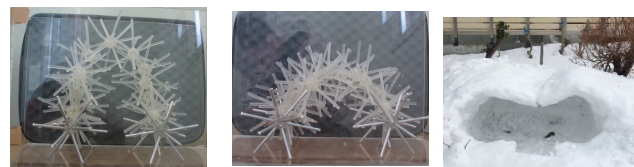


Fig.5 かまくら崩壊状況
Kamakura collapse state

Fig.1 のように構造物を取り囲む雪の連結が沈降力の発生に関与することが考えられるため、2次元疑似枝（幅17cm、 $I=4.86\text{mm}^4$ ）では疑似枝を挟んだモデル同士の連結を防ぐための遮蔽壁の有無と3次元疑似枝（幅5cm、 $I=1.42\text{mm}^4$ ）の3通りの場合での、疑似枝先端部の変位結果を Fig.7 に示す。3次元が最も変位が大きく、次いで2次元遮蔽壁無し、遮蔽壁有りの順となり、沈降力に関与する雪モデル同士の連結作用に伴う3次元効果が確認できた。

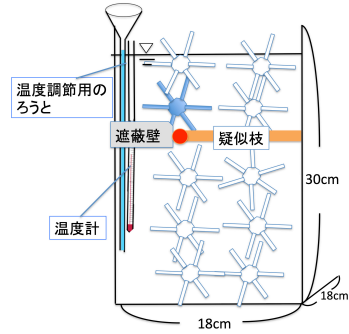


Fig.6 枝折れ実験装置
Imitation branch test apparatus

Fig.8 には、各条件での実験終了時の疑似枝の変位状況を示す。2次元遮蔽壁有りでは上下が塞がれているのに対し、2次元遮蔽壁無しと3次元では枝を挟んだモデル同士が連結していることが分かる。また、3次元では雪モデル（Fig.6 に示した黒抜きモデル）が疑似枝の側面から下へ潜り込んでいることが確認できる。

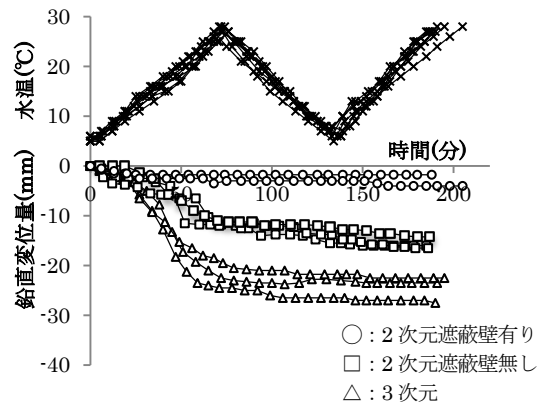
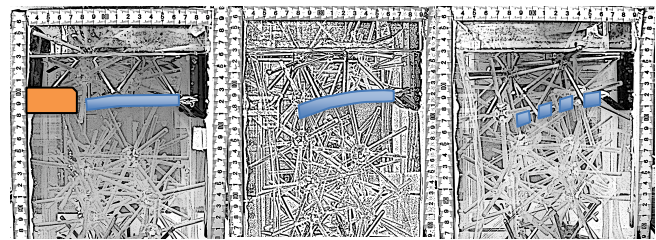


Fig.7 疑似枝先端の鉛直変位量
Displacement of imitation branch tip

Fig.9 には、疑似枝直上の雪モデル（Fig.6 に示した黒抜きモデル）の変位方向と距離を示したものであるが、遮蔽壁が無い場合、概ね疑似枝先端部より左下方向へ変位していることが分かる。



2次元遮蔽壁有り 2次元遮蔽壁無し 3次元

Fig.8 各条件における変位状況
Displacement state of each condition

4. 片持ち梁条件

片持ち梁を想定した疑似枝にかかる等分布荷重 (q) で検証した結果、2次元遮蔽壁無しで 0.21N/cm 、3次元で 0.10N/cm となり、新雪の密度³⁾を約 0.005N/cm^3 とした時の積雪層厚はそれぞれ約 42cm 、約 20cm と推定できる。

5. まとめ

かまぐららの崩壊や枝折れに関与する沈降力の影響を、形状記憶樹脂材料を雪モデルとして用いた小型の模型実験で再現することが出来た。また、疑似枝を用いた小型模型実験によって雪モデル同士の連結作用による沈降力の増加現象も再現することが出来た。

<謝辞>本研究は科学研究費助成事業の学術研究助成基金助成金（18KT0058）を利用して実施しました。

【参考文献】 1) 弘前大学雪害対策研究班

(1985)：リンゴ園の雪害防止に関する研究。

2) 四手井綱英・高橋喜平(1950)：積雪の沈降力（第3報），雪氷，Vol. 5(11), p253-257. 3)

日本雪氷学会（1990）「雪氷辞典」古今書院。

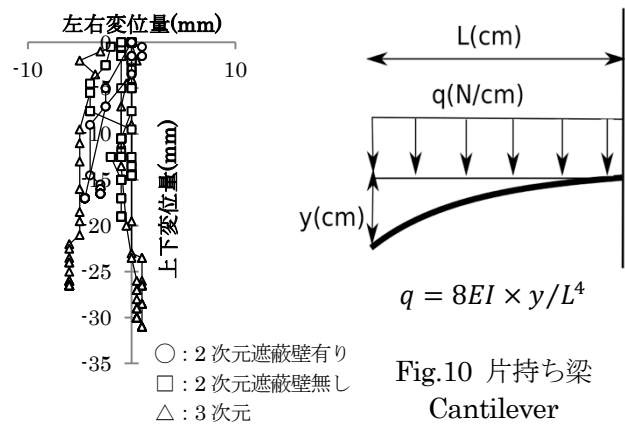


Fig.9 疑似枝直上にある
雪モデルの変位状況
Displacement of snow model
above imitation branch