

金沢大学工学部 正員 城戸隆良

金沢大学工学部 正員 小堀為雄

1. まえがき

38豪雪以来の豪雪をもたらした56豪雪は、その積雪のためにプレハブ建物や仮設物などの倒壊をはじめ各方面に多大な影響や被害を与えた。従来、雪に対する備えや考えをしっかりと持っていなければならないはずの雪国であったが、以外と雪に対する備えや考えのあまいことが今回強く指摘された。このことから、今後、雪に対して本格的な検討を行うことが必要であると思われる。本報告では積雪荷重の変動に着目し、従来の積雪観則によるデータ累計の必要性以外に、積雪荷重変動の基礎的な模擬が行えないか検討を加えようとしたものである。

2. 積雪現象のモデル化

わが国で積雪による影響の大きい地方は北海道、東北、北陸、中部地方などであるが、それぞれの地方場所によって気象条件、地形条件などが異なることから積雪量や雪質などが少しずつちがっている。本報告では基本的に北陸地方を対象に考えることにした。北陸地方は北海道や東北地方などと比べ雪質が少しちがう^{ほり}積雪が多いといわれ、降雪がある割には気温が高く、降雪後数日で粗目化していくという積雪の変化に似た過程をもっている。この積雪現象をモデル化するために雪の種類、雪質あるいは雪の密度など雪の性質をとらえておく必要がある。雪は大きく分類すると新雪、旧雪に分けられ、降雪中または降雪直後の雪を新雪、降雪後時間が経過してすでに変化を受けた雪を旧雪というが、それらは形状、乾湿などの性質に応じてさらに細分類される(図-1)。

積雪現象は気象的、物理的な多くの要因が作用し複雑であるため、局力、単純化するようにモデルを考えることにした。積雪は平地的でおだやかな場所と考え、降雪期間、降雪強度、降雪時間、降雪雪質など降雪現象に必要なデータを仮定し降雪モデルを考える。

降雪期間は12月から2月の3ヶ月間程度、降雪強度は強い降雪7~8cm/hr程度、普通の降雪では3~6cm/hr程度、降雪時間は任意時間を作成し、降雪雪質は濡雪が多いと仮定する。降雪期間中において任意に少量の降雨発生もあるとして降雨モデルも作成する。

つぎに、降雪後の積雪の変化過程を積雪モデルとして記述しておく必要がある。実際の現象では影響要因として圧密、温度変化等が作用し、昇華、焼結により雪の収縮があり積雪高が沈降し、見かけ体積を減じ、密度を増し雪質が変化していく。これらの過程の中には融雪過程も含まれるので融雪については融雪モデルとして考える。

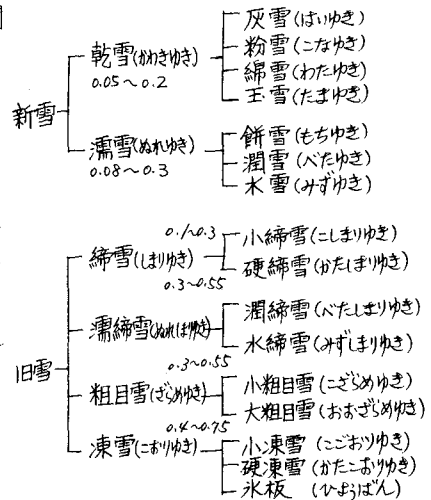


図-1 雪の種類 (数値は密度 g/cm^3)

このような積雪モデルを正確に模擬化するのは不確定な問題があったり、まだ研究されない部分が多いために難しい。簡単なモデルとしては新積雪深累計を尺度と考え、また融雪などによる重量損失がないと仮定すれば、新雪の重量を累計することで代表が可能である。しかし、設計などであつかう雪荷重は最大積雪量に単位重量をかけて求めるのが一般であるため、この積雪の変化過程を人為的に模擬せ、積雪深および平均密度などを求める必要がある。図-2は積雪高 H 、密度 ρ 、重量 W の関係を示しているが、この図からわかるように積雪高が後期では減っていくのに数日的に重量が漸増するという過程のあることが知られている。この過程については融雪

過程において気温変化とともに降雨現象が加わることによって重量が増すものと仮定する。

以上のように降雪、降雨、積雪、融雪について単独に基礎モデルを作成する。そして、それぞれの生起的関連性を生起モデル（気象模擬）を作成することによって行い、それぞれのモデルを連結させたり切り離したりするスイッチ機能として作用させる。図-1はこの各モデルの仮定により降雪期間中の積雪荷重の変化を結果として求める模擬図を示す。

3. 積雪の模擬化

生起モデルの作成であるが、気象現象ファクターとして次のように仮定する。

- 季節変化 …… 初期、中期、後期天候変化として分けて考え（月変化）
降雪期間中の天候変化に重みづけをする
- 天候変化 …… 晴、曇り、降雨、普通降雪、強い降雪を考え（日変化）
それぞれの生起頻度化を行う

以上のような変化に対してシミュレーションを順次行い、降雪と判断される場合、降雪モデルによって任意降雪を、降雨の場合は降雨モデルによって任意降雨を作成する。その他の天候の場合は融雪モデルで融雪化を行い、積雪モデルで統合的なデータを作成し累計を行い、降雪期間について順次レベルさせる。

これらのモデル作成は人為的に関連性をもたせているため、気象的なデータは基本として実際の気象統計データに対処させるよう考えた。このデータの性質によって地域的特性の一部を加えたものとする。

結果の求め方については、積雪の深さがHのとき積雪重量Wは、積雪層各部の密度を ρ とすると $W = \int_0^H \rho dh$ で求め、平均密度 $\rho = W/H$ で求める。本モデルでの具体的結果については紙面上では省略した。

5. あとがき

本報告では、複雑で難解な降雪、積雪、融雪に対して簡略的モデルを仮定し、その積雪による雪荷重の変化をシミュレーションという方向から検討を加えてみた。データ不足や不確定な要素が多いため、また検討初期であることから巨視的な検討を加えるにとどまり、改良すべき点が多い。今後実測データとより近似させていくためには実測的なデータと研究による統計的解析成果の必要性を強く感じた。従来、実測的な統計データに着目していたものを、シミュレーション的立場から検討を加えようとした場合、積雪過程の統合的な実測的研究が課題として残されていると思われる。この課題により、積雪過程の地域性や特性が具体化すれば、本モデルを修正改良する方向で検討ができると考えている。以上のように雪荷重のシミュレーションという立場から検討を進めることができれば、雪荷重の時系列的変化における建築物への影響変化などを解析する場合に有意義になると思う。

本報告に際し、資料等を提供下さった関係各位に対し謝意を表する。

参考文献

日本建設機械化協会：前防雪工学ハンドブック、森北出版、1977。
朝倉正：18年周期でやってきた「56豪雪」、科学朝日、1981-04。

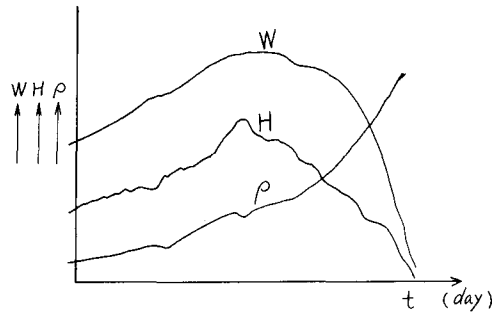


図-2 積雪高、密度、重量の関係

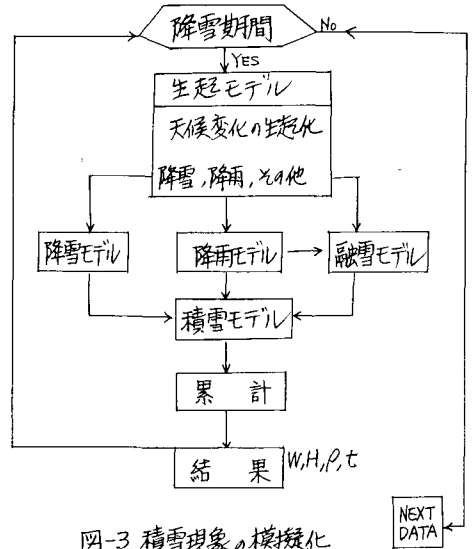


図-3 積雪現象の模擬化