

気温を考慮した等価積雪密度の推定について

○松下拓樹・池田慎二・石川 茂・石田孝司(土木研究所)・和泉 薫(新潟大学)

1. はじめに

積雪密度は、雪崩対策施設の設計や積雪寒冷地域における建築物の雪荷重算出に欠かせない要素である。雪崩対策施設の設計では、積雪密度は一律の値が用いられる場合が多い。一方、日本建築学会(2015)では、雪荷重の算出に単位面積あたりの積雪質量を積雪深で除した等価単位積雪重量(kN/m^3)が用いられ、年最大積雪深との経験的な関係式により求められる。しかし、積雪密度は、その地域の気温や降水量等の条件によって変化する。このような地域特性を考慮した積雪密度を見積もることができれば、より対象地域に即した雪崩対策施設や建築物等の設計が可能になると考えられる。本研究では、積雪断面観測の結果に基づいて、気温を考慮した等価積雪密度の推定について検討を行った。

2. 方法

多様な気温条件下における積雪特性に関するデータを取得するため、図1に示す6地域9地点において、1ヶ月に1回の頻度で全層の積雪断面観測を行い、気温の自動観測(能生の4地点は、気象庁 AMeDaS と糸魚川市管理の3地点の観測施設による)を行った。月1回の積雪断面観測で得られた最大積雪質量(kg/m^2)を最大積雪深(m)で除して、ここではこれを等価積雪密度(kg/m^3)とした。最大積雪深と最大積雪質量が同じ観測回で得られたのは、駒ヶ根、蓼科、志賀、乗鞍、能生(60m, 100m, 200m)の7地点で、梅池と能生(500m)は最大積雪深が観測された翌月以降で最大積雪質量となった。また、気温を考慮した等価積雪密度の推定式として、等価積雪密度 $\bar{\rho}$ (kg/m^3)を目的変数、積雪深 d (m)の平方根と1~2月の平均気温 $\bar{T}$ ($^{\circ}\text{C}$)を説明変数とする重回帰分析を行った。

3. 結果

9地点のひと冬の観測値に対する重回帰分析の結果、気温を考慮した等価積雪密度 $\bar{\rho}$ の推定式として式(1)を得た。

$$\bar{\rho} = 51.46\sqrt{d} + 11.55\bar{T} + 325.9 \quad (1)$$

図2は、等価積雪密度の観測値と式(1)から求めた計算値の比較である。二乗平均平方根誤差(RMSE)は 21.1 kg/m^3 、相関係数は 0.919 である。図3に、等価積雪密度と最大積雪深の観測値の関係に、式(1)による1~2月の平均気温別の計算値を示した。式(1)より、積雪深が大きくなるほど、また気温が高いほど等価積雪密度が大きくなる傾向が表現されている。また、図3より、式(1)は既往の関係式と変化傾向がおおむね一致しており、日本建築学会(2015)の関係式は式(1)の関係でみるとおよそ気温 $-5 \sim -3^{\circ}\text{C}$ の状態に対応している。このように、積雪の地域特性として気温を考慮した等価積雪密度を求める場合は、上記の考え方で関係式を求めることができると考えられる。しかし、気温が高い場合、式(1)の関係は日本建築学会(2015)より大きな等価積雪密度となる。この点について、今後も観測データを増やして検討する必要がある。

参考文献

阿部修, 清水増治郎, 2004: 多雪地における雪荷重算定のための等価積雪密度について, 雪氷, 66, 11-19.

日本建築学会, 2015: 等価単位積雪重量, 建築物荷重指針・同解説(2015), 日本建築学会, 222-227.

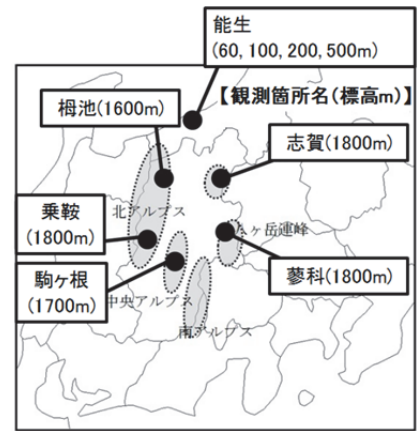


図1 積雪断面観測箇所の位置

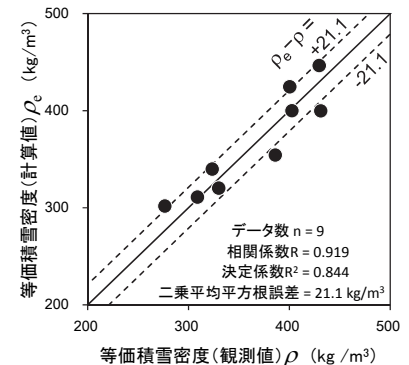


図2 等価積雪密度の観測値と式(1)による計算値の比較

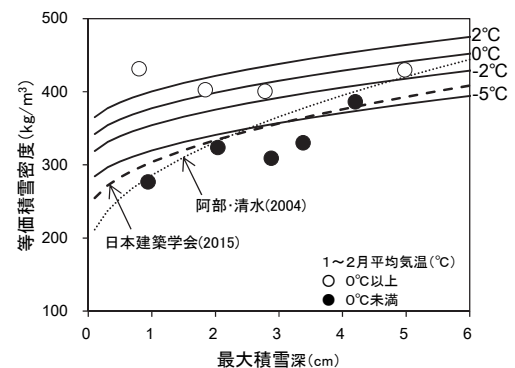


図3 等価積雪密度と最大積雪深、1~2月平均気温との関係。図中のプロットは観測値、実線は式(1)から求めた計算値。