

勾配屋根における積雪荷重の評価に関する研究

千葉 隆弘（北海道工業大学大学院生），苫米地 司（北海道工業大学建築工学科）

1. はじめに

勾配屋根における積雪荷重の評価について日本建築学会建築物荷重指針¹⁾（以下、荷重指針と示す。）をみると、制御積雪荷重は、十分信頼性のある屋根雪処理が可能な場合にのみ、その処理に応じた期間内に積もり得る積雪深を用いて設定することが可能である。ここで、積雪深に乗じる積雪単位重量をみると、この単位重量は制御を行わない場合と同一の値が用いられている。制御積雪荷重を設定する場合に用いる積雪単位重量は、制御を行わない場合よりも値が小さくなると考える。一方、既往の研究²⁾をみると、降水量から算出する積雪荷重の妥当性を検討している。この方法は、積雪荷重評価が積雪深の未観測地点に対応できると同時に、降水量をそのまま積雪荷重とすることができ、適切な荷重評価が可能となる。しかし、いずれの評価方法も一冬期の根雪期間を対象とした場合が多く、滑雪現象が発生するまでの積雪荷重評価は、短期間を対象とした観測資料が少ないため十分な検討が行われていない。

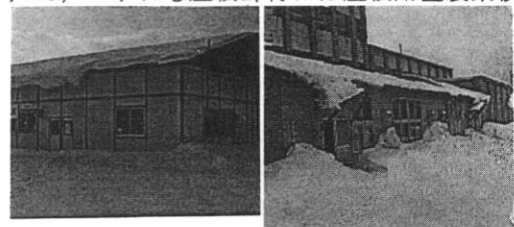
このようなことから本研究では、勾配屋根における屋根上積雪荷重の評価方法を確立することを目的に、勾配屋根を対象とした積雪荷重の屋外観測を行った。この観測結果から、滑雪現象が発生するまでの積雪荷重の評価方法について検討した。

2. 研究方法

2.1 積雪荷重の観測

勾配屋根における積雪荷重の観測は、1991～1994年および1998～1999年の冬期間に行った。1991年～1994年の観測は、写真1に示す札幌市手稲区の北海道工業大学内のS造建築物2棟である。屋根勾配は3寸（16.7°）と4寸（21.8°）で、いずれも屋根葺材には屋根用塗装鋼板が用いられている。これらの建築物の用途は、屋根勾配3寸が部室、屋根勾配4寸が実験室として利用され、両者とも平日は常時利用されている。なお、これらの建築物の使用時における室内温度は20℃付近に保たれている。積雪単位重量の観測は屋根上に雪が堆積してから滑雪するまでを確認し屋根雪の滑落直後に積雪重量を観測した。1998～1999年の観測は、前者と同様に写真1に示す勾配屋根2棟、RC造陸屋根およびグラウンド（以下、地上と示す。）である。なお、観測期間は、地上および陸屋根が1998年12月2日～1999年3月10日、勾配屋根が1999年1月12日～1999年3月10日で、原則的に毎日観測を行った。

これらの積雪荷重の観測方法は、図1に示すように、積雪断面が確認できるように除雪を行い、その断面で積雪深を測定した。積雪単位重量は、積雪上層から下層へ垂直に10cm×10cm×



屋根勾配3寸(16.7°) 屋根勾配4寸(21.8°)

写真1 観測を行った建築物

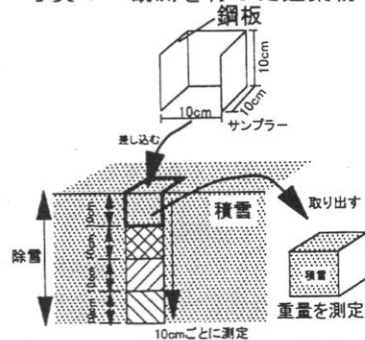


図1 積雪荷重の観測方法

10cmの大きさに雪を採取して重量を測定した。雪の採取には図中に示す鋼板を10cm×10cm×10cmに加工したサンプラーを用い、同一高さで3カ所雪を採取した。積雪単位重量は、これらの平均値とした。陸屋根および勾配屋根においても前者と同様の方法で測定した。

測定した積雪単位重量は、荷重指針に示されている下記の1), 2)式と比較検討した。

$$\rho = 73\sqrt{d} + 237 \cdots (1)$$

ρ : 積雪単位重量 (kgf/m³) , d : 最大積雪深 (m)

$$\rho = 2.22t + 160 \cdots (2)$$

ρ : 積雪単位重量 (kgf/m³) , t : 根雪期間 (日)

2.2 降水量から算出した積雪荷重の検討

前述の方法で観測した地上の積雪荷重と最寄りの手稲山ロアメダス観測地点 (積雪荷重の観測地点から約800m) の降水量を用いて比較検討を行った。なお、両観測地点の気象条件を比較するため、積雪荷重の観測と同時に観測地点の外気温および風向を測定している。外気温の測定は熱電対を用い、風速や日射の影響を避けるため熱電対の先端を空き缶で覆った。風速の測定は、地上から2mの位置に三杯風速計を設置し行った。測定場所は、積雪荷重の観測場所付近とした。

3. 降雪現象が発生するまでの積雪単位重量

3.1 積雪単位重量の推移

1998～1999年に観測して得られた地上、陸屋根および勾配屋根における積雪単位重量の推移状況を図2に示す。図のように、地上の積雪単位重量は、観測開始後約10日間で約300kgf/m³程度まで急激に増加し、その後は緩やかに増加する。屋根上の積雪単位重量をみると、陸屋根では250kgf/m³付近で推移する。勾配屋根では、日数の経過に伴い積雪単位重量が増加し、約200～250kgf/m³程度に達した後に降雪現象が発生している。1991～1994年に観測した勾配屋根における積雪単位重量においても前者と同様の傾向を示す。以上の結果をみると、積雪単位重量は、地上>陸屋根>勾配屋根の順となる。勾配屋根で小さい値となる要因として、降雪現象が発生するため他に比べて根雪期間、すなわち堆積日数が短いためと考える。

3.2 降雪現象発生時の積雪単位重量

降雪現象を考慮した制御積雪荷重設定に用いる積雪単位重量は、荷重の制御日数を指標としてこの値を設定する必要がある。ここで、勾配屋根における観測から得られた降雪現象発生時の積雪深と積雪単位重量との関係を見ると図3となる。図のように、両者の関係には、明らかな相関関係がみられない。ここで、観測した積雪単位重量と1)式とを比較すると、1)式は観測値を包括し、観測値に対して安全側の評価となる。

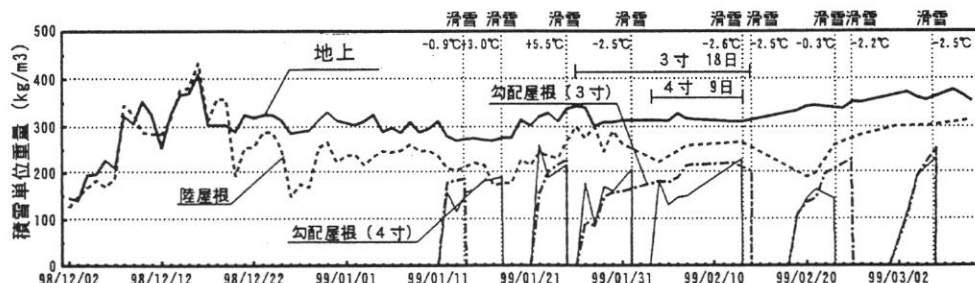


図2 積雪単位重量の推移

次に、勾配屋根における屋根雪の根雪期間と滑雪現象発生時の積雪単位重量との関係を図4に示す。図のように、屋根雪の堆積日数が5日前後まで両者の関係にバラツキがみられるものの、この間に急激に増加する傾向を示す。その後、両者の関係は日数の経過に伴い比例的に積雪単位重量が増加する傾向を示す。これらの関係と2)式とを比較すると、堆積日数5日程度までは2)式が過大評価となるものの、これを越えると両者は近似した傾向を示す。

このように、滑雪現象が発生するまでの積雪単位重量は、根雪期間を指標とした2)式との適合生が最も良く、この式を用いて滑雪現象が発生するまでの日数に対応した積雪単位重量の設定が可能と考える。

4. 降水量から算出した積雪荷重の検討

4.1 両観測地点における気象条件の比較

屋外観測地点と手稲山口との日平均気温、日平均風速および積雪深を比較すると以下のようになる。両観測地点の誤差範囲は、日平均気温が $\pm 0.67^{\circ}\text{C}$ 、日平均風速が $\pm 0.31\text{m/s}$ 、積雪深が $\pm 7.4\text{cm}$ である。以上のように、観測地点と手稲山口との気象条件の差異は小さく、両者の観測資料を用いて比較検討できると考える。

4.2 降水量から算出した積雪荷重の検討

観測した積雪荷重と累積降水量から得られた積雪荷重との関係を図5に示す。図のように、地上における両者の関係はほぼ比例関係を示すものの、積雪荷重値が大きくなるに伴い約半数の観測値が累積降水量から算出した値よりも観測値の方が大きくなり、その差の最大値は最大積雪荷重時で約 60kg/m^2 となる。勾配屋根における屋根雪の堆積日数内の積雪荷重についてみると、いずれの屋根勾配においても、約半数の観測値が降水量から算出した値に比べて大きくなり、両者の差は堆積日数の増加とともに大きくなる。

既往の研究をみると、冬期間観測している降水量は実際の降水量よりも小さな値となり、実際の降水量を算出するためには降水量計の捕捉率を考慮する必要があるが指摘されている³⁾。この捕捉率には降水量計周辺の風速が大きく影響し、両者の関係は降水量計の機種ごとに下式で表すことができる。手稲山口観測所で用いられている機種は2)式に対応する。

$$\begin{aligned} \text{CR} &= 1 / (1 + 0.17U) \cdots 1) \\ \text{CR} &= 1 / (1 + 0.24U) \cdots 2) \\ \text{CR} &= 1 / (1 + 0.14U) \cdots 3) \end{aligned}$$

CR : 捕捉率 U : 降雪期間中の平均風速 (m/s)

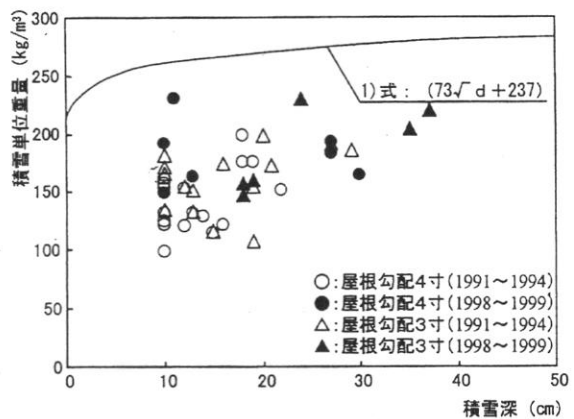


図3 積雪深と積雪単位重量との関係

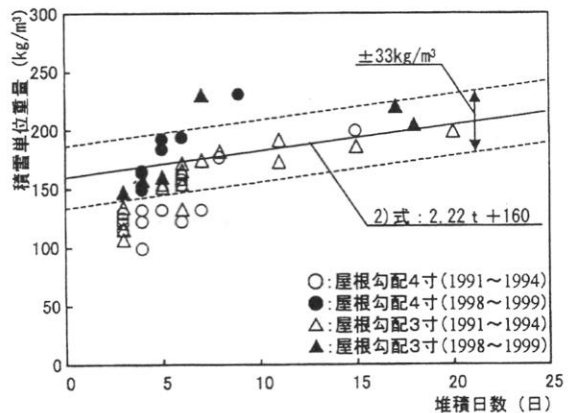


図4 堆積日数と積雪単位重量との関係

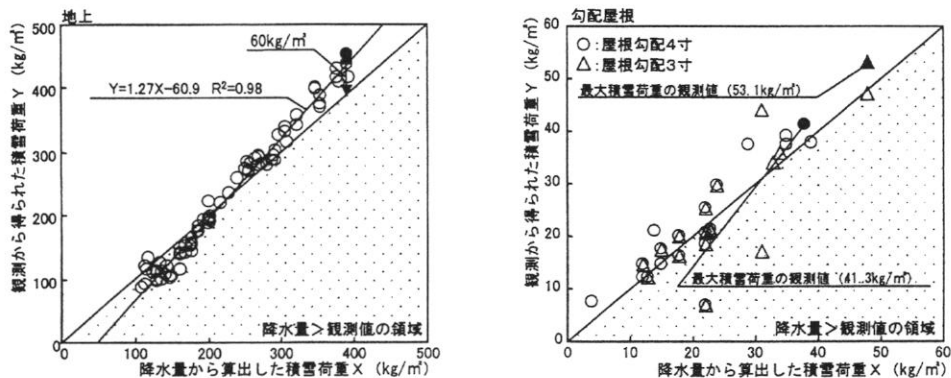


図5 降水量から算出した積雪荷重と観測から得られた積雪荷重との比較

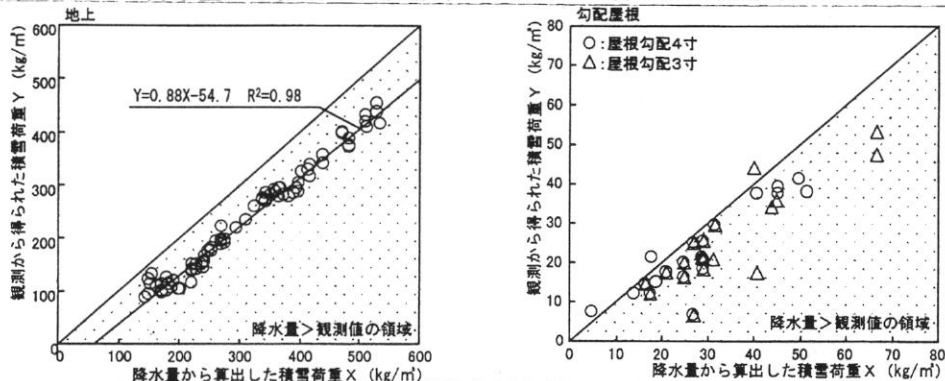


図6 降水量を捕捉して算出した積雪荷重と観測から得られた積雪荷重との比較

この捕捉した累積降水量から算出した積雪荷重値と観測値とを比較すると図6となる。図のように、地上についてみると、両者は比例関係を示すと同時に近似した値となる。さらに、全ての観測値において降水量から算出した積雪荷重値が大きくなる。勾配屋根においても同様の傾向を示し、観測値の93%が降水量から算出した積雪荷重値が大きくなる。すなわち、降水量計の捕捉率を考慮することにより、降水量から算出した荷重値が安全側の評価となる。このことから、降水量を用いて積雪荷重を評価する場合には、各観測地点の風速を考慮する必要があると言える。

4. まとめ

本研究では、勾配屋根における積雪荷重の評価方法を確立することを目的に、積雪荷重の屋外観測を行った。その結果、以下の点が明らかとなった。

- 1) 勾配屋根の積雪単位重量は地上よりも小さくなる。この積雪単位重量は、根雪日数に明瞭な相関関係がみられ、荷重指針に示されている式 ($\rho = 2.22t + 160$, t : 根雪期間) と近似する。このことからこの式を用いて、降雪現象が発生するまでの積雪荷重を適切に評価できると考える。
- 2) 降水量を用いて積雪荷重を評価する場合は、観測されている降水量が風の影響によって実際の値よりも小さくなるため、降水量計の捕捉率を考慮する必要がある。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会編：建築物荷重指針・解説 第5章 積雪荷重, pp.169-217, 1993
- 2) 桜井修次, 坂攻：累積降水量に基づく地上積雪深の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.91-92, 1995.8
- 3) 大野宏之他5名：北陸地方における降水量計の固体降水捕捉率, 日本雪氷学会誌「雪氷」60巻3号, pp.225-231, 1998.5