

建築物の軒部に作用する積雪荷重の実測 Measurement of snow load on pole plate

伊東敏幸, 千葉隆弘, 苫米地司 (北海道科学大学)
Toshiyuki Ito, Takahiro Chiba, Tsukasa Tomabechi

1. はじめに

勾配屋根の軒部は、屋根上部の積雪の他に巻垂れや雪庇の荷重を受けると共に、屋根雪と軒下の地上積雪とが連結した場合には、地上積雪の沈降による多大な荷重を受ける。豪雪時にはそれら荷重によって、写真1のように軒部が損傷する事例¹⁾が多く発生することから、それらの荷重を適切に評価した部材設計および維持管理を行う必要がある。しかし、現状においては軒部に作用する荷重を評価した研究^{2), 3)}は少なく、特に地上積雪の沈降に伴う軒部への荷重を実測した研究資料はない現状にある。なお、積雪に埋没する道路工作物に作用する積雪沈降荷重の評価法に関しては、その評価式が提案⁴⁾されている。

このような背景から、本研究では、豪雪時における勾配屋根および陸屋根の軒部に作用する積雪荷重を明らかにすることを目的とし、屋根試験体における積雪荷重を実測し、積雪状態に関わる荷重特性を評価した。

2. 研究の方法

軒部に作用する積雪荷重の実測は、勾配屋根および陸屋根の屋根試験体を用いて次のように行った。

勾配屋根の試験体は、図1に示すように、勾配 3/10、屋根幅 1870mm、屋根長さ 2780mm、軒の出 320mm、軒先地上高さ 1200mm であり、屋根仕上げは塗装鋼板屋根の蟻掛け葺きとした。軒部に作用する積雪荷重は、軒桁と柱の間に最大荷重 20kN の圧縮型ロードセルを設置し、データロガーを介してパソコンにて計測した。計測した荷重は屋根幅 1870mm の 1/2 の荷重となるので、単純梁の構造モデルとして屋根幅 1m あたりの荷重値に変換した。

陸屋根の試験体は、図2に示すように、勾配なし、屋根幅 1220mm、屋根長さ 3600mm、軒の出 340mm、軒先地上高さ 1280mm であり、屋根仕上げは塗装鋼板屋根のコハゼ横葺きとした。軒部への荷重の測定方法は前述した勾配屋根と同様である。

何れの屋根試験体も屋根幅



写真1 軒損傷の事例

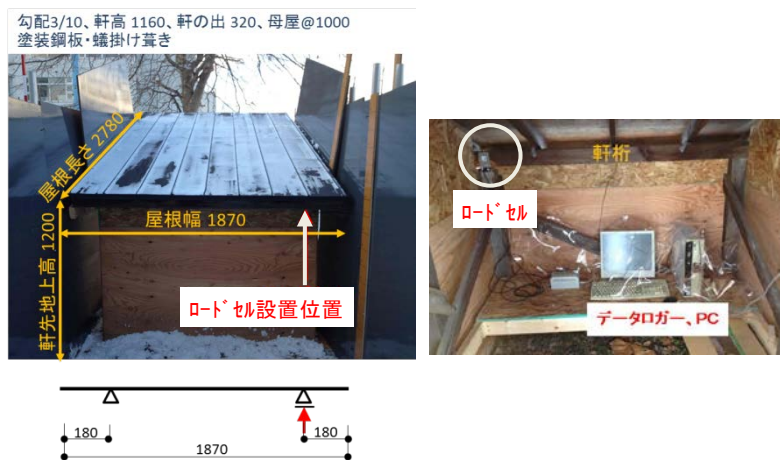


図1 勾配屋根の試験体

が狭いので、屋根上および軒下地上部の側面にコーティング合板を設置し、雪の崩落を防止すると共に、この合板を外すことで積雪断面を確認できるようにした。なお、屋根試験体の小屋裏部は断熱区画を施していないので外気温と同じ温度環境である。

以上のような方法で試験体を屋外暴露し、2014/12/5～2015/3/27に実測した。

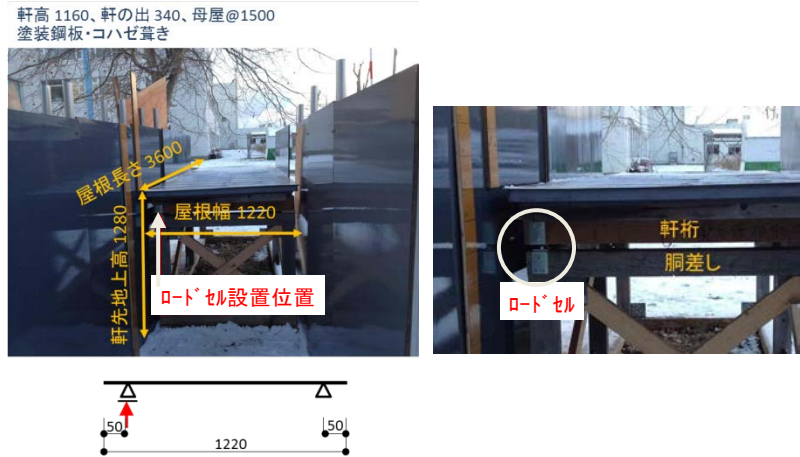


図2 陸屋根の試験体

3. 結果と考察

観測期間における降雪状況は、札幌市手稲区土木センターの観測値によると、12月は183cm、1月は155cmと平年よりも多いが、2月は55cm、3月は42cmと極めて少雪であった。このような降雪状況における屋根試験体の積雪状態は次の通りである。屋根上の積雪深は、12/16に50cm程度、12/26には80cm程度、1/19には90cm程度となり、その後2月中旬までは沈降と降雪によって同程度の積雪深で推移し、その後2月下旬には写真2に示すように側面が融雪した状態となり、3月中旬には融雪によって消雪した。なお、勾配屋根の屋根雪は軒側に徐々に滑落する現象がみられた。軒下の地上積雪深は、12/26に80cm程度となり、12/26に軒下部に周囲の新雪を人工的に追加して140cm程度とし、さらに12/31および1/7に新雪を人工的に追加して170cm程度とした。屋根雪と地上雪が連結したのは12/31であり、それ以降3/10頃まで連結が継続した。



写真2 観測時の状態

軒桁に作用した積雪荷重を軒幅1mあたりの荷重で評価すると次のようになる。はじめに12月の積雪荷重を図3に示す。図のように、12/15～19の連続降雪にて屋根上に積雪し、その重量によって勾配屋根および陸屋根の軒桁荷重が700 N/m程度となる。その後、勾配屋根ではプラス温度外気の影響で屋根雪が滑落移動して巻垂れが形成されて軒桁荷重が1000 N/mまで増加し、12/21にその巻垂れが落下して

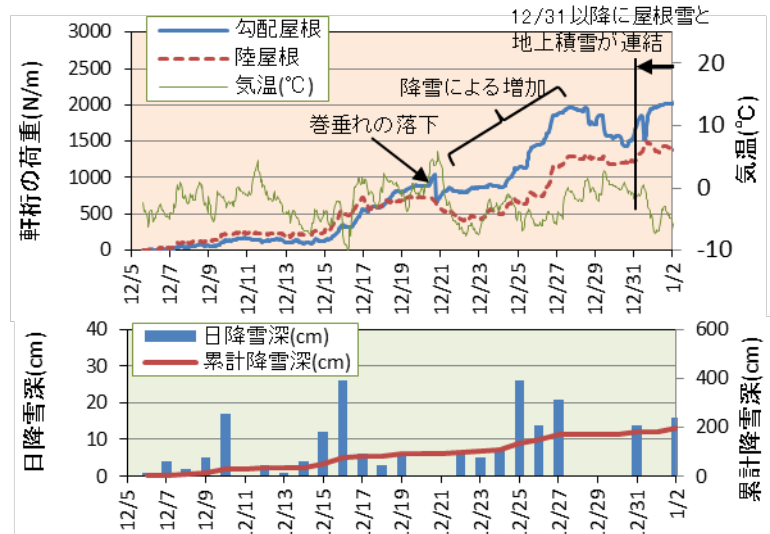


図3 軒桁荷重の実測値 (12月)

荷重が低減する。このときの陸屋根は融雪によって荷重が低減している。その後 12/22~27 の連続降雪によって両屋根の軒桁荷重は増加し、勾配屋根では融雪とその排水によって荷重が若干減少するが、陸屋根では排水されないで荷重が変化しない。

1月の軒桁荷重は図4に示すように、月末に最大値の 4000 N/m となる。陸屋根の荷重は月末以前の期間は、降雪による重量増加によって荷重が増加している。一方、勾配屋根の荷重は図中の▽印で示すように、外気温がプラスになったときに荷重が急激に減少し、その後外気温がマイナスとなることで荷重が減少前の値程度まで増加する現象が繰り返し発生している。

2月の軒桁荷重は図5に示すように降雪は殆どない状況にあるが、勾配屋根では1月にみられた外気温変動に伴う荷重増減という現象が継続的に発生した。また、陸屋根においても同様の現象が 2/9 および 2/16 以降にみられた。

ここで、この外気温に依存する荷重変化の現象について考察する。勾配屋根の屋根雪が軒側に徐々に移動していたことから、この現象は軒下積雪の沈降によって屋根上積雪が軒下方向への引張力を受けることで生じているものと考えられる。プラス温度のときは、屋根面と屋根雪との凍着力が解除され、地上積雪と連結している屋根雪が地上積雪の沈降力を受けて滑落移動し、屋根雪が軒下積雪に支持される状態となることで軒桁荷重が減

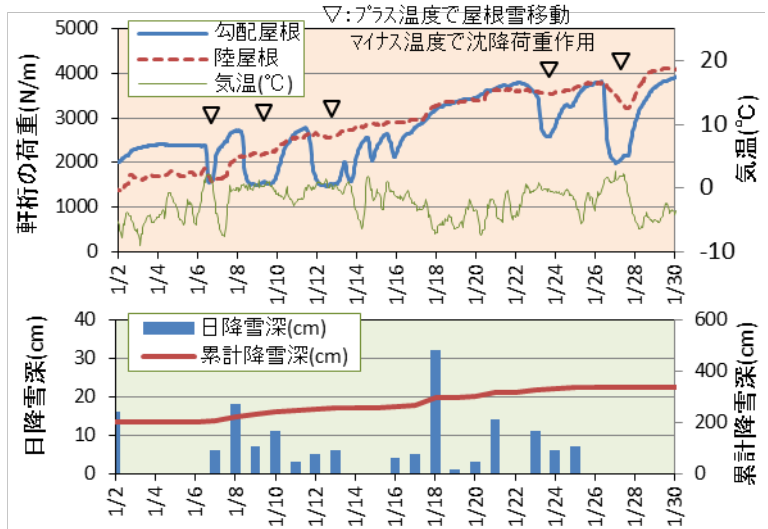


図4 軒桁荷重の実測値 (1月)

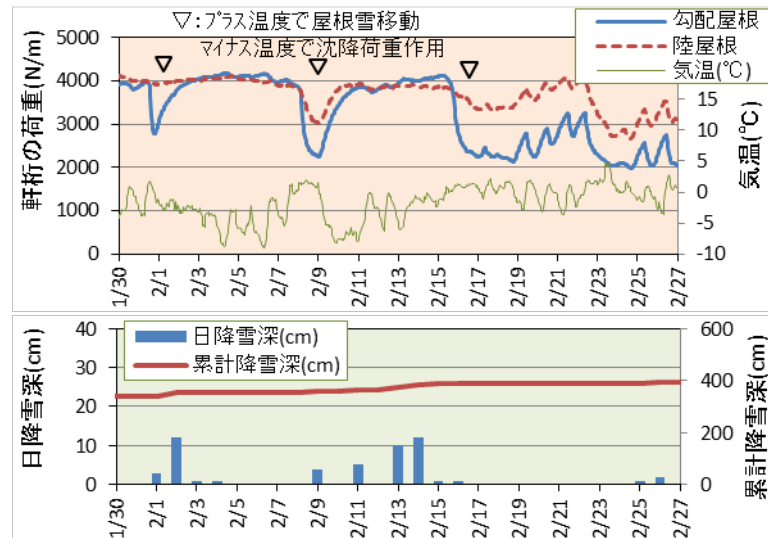


図5 軒桁荷重の実測値 (2月)

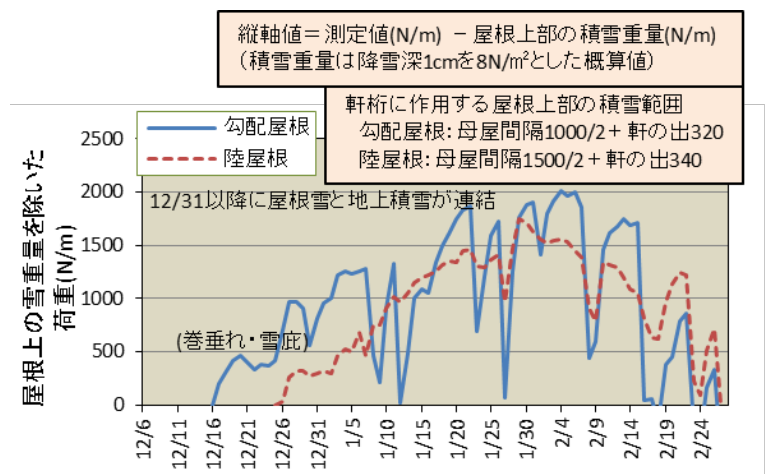


図6 屋根上積雪を除いた軒桁荷重

少する。その後マイナス温度となったときは、屋根面と屋根雪とが凍着するので、地上積雪の沈降によって軒部に地上積雪の沈降に伴う荷重が作用することになる。この現象は陸屋根の2月中旬にも生じているが、発生の機構は同一と考えられる。

次に屋根上部にある積雪荷重を除いた軒桁荷重について評価すると図6となる。図の縦軸は降雪深1cmを8N/m²と仮定して換算した軒桁に作用する積雪重量を実測した軒桁荷重から除した荷重、すなわち、巻垂れ、雪庇および軒下積雪の沈降による軒先への荷重の合計値を示している。図のようにその荷重は陸屋根よりも勾配屋根の値が500N/m程大きく、勾配屋根の最大値は2000N/m、陸屋根の最大値は1700N/m程となる。また、勾配屋根においては屋根雪の滑落移動によって荷重がゼロ付近まで減少することもあり、その後に減少前の値付近に戻ることから、その荷重の全てが地上積雪の沈降によるものと言える。

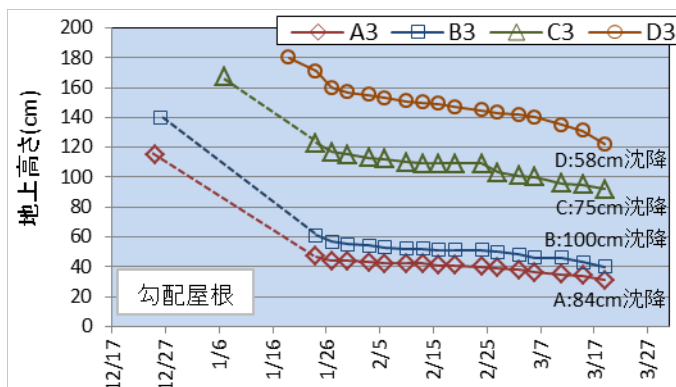


図7 軒下地上積雪の沈降量



図8 勾配屋根の積雪断面

地上積雪の沈降量および積雪層の状態を勾配屋根についてみると図7および図8となる。図のように、大きな沈降荷重が作用する1月中旬から2月中旬までの期間では、下層部(A,B)で10cm程、上層部(C,D)では15cm程度の沈降が日数経過に伴って生じていることから、この積雪沈降が屋根雪の滑落移動による軒桁荷重変化の要因と考える。なお、その期間に5回程の荷重変動があったので、屋根雪の滑落移動は1回について数cm程度と推測される。

4. まとめ

屋根試験体を用いて軒桁に作用する荷重を実測評価した結果から、勾配屋根と陸屋根における軒桁に作用する荷重値および変動特性が分かった。軒桁荷重が変動する要因として、外気温変動による屋根面と屋根雪との凍着現象と地上積雪の沈降現象が影響していると考えられる。今後は、今回の測定結果における降雨の影響や側面の融雪を考慮した荷重評価を行うと共に、屋根雪の移動量や地上雪の沈降量を含めた観測を継続する必要がある。

【参考・引用文献】

- 1)伊東敏幸, 千葉隆弘, 前田憲太郎, 田沼吉伸, 苫米地司, 2012: 2011年度冬期における岩見沢および三笠の屋根上積雪状態, *北海道の雪氷*, **31**, 147-150.
- 2)大浦浩文, 1957: 積雪の沈降荷重による軒先の損傷について, *低温科学物理編*, **16**, 149-250.
- 3)大塚弘樹・半貫敏夫, 1996: 有限要素法による積雪沈降荷重評価の試み (1)数値解析と水平桁の実験との比較, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)*, 89-90.
- 4)日本建設機械化協会, 1995: *新編防雪工学ハンドブック*, 森北出版, 34-44.