

畜舎施設の屋根上積雪荷重について－屋外観測の結果

○千葉 隆弘 (株雪研スノーイーターズ)
 小林 敏道 (コバ建築事務所)
 苫米地 司 (北海道工業大学建築学科)
 干場 信司 (酪農学園大学)

1. はじめに

畜舎施設は、一般建築物に比べてその建築物を利用する人間が少なくいとともに、内部に滞在する時間が短い。このような畜舎施設では、利用状況・形態に応じた独自の規準（国土交通省告示第474号、以下「告示」という。）が2002年に規定された。告示に示す内容のうち、積雪荷重は、畜舎施設の種類に応じて決定される降雪を考慮した軽減係数を用いた独自の算定式で評価できるとされている。

告示で示す降雪を考慮した積雪荷重の適用範囲としては、屋根葺材の材料と構造および屋根勾配が所定の条件に該当し、各地域の気温特性から推定した屋根雪の堆積日数が7日以下であることが原則である。従って、気温が低い地域で推定した屋根雪の堆積日数が7日を上回る場合は、屋根葺材や屋根勾配および屋根葺材の経年劣化に伴う降雪性の低下などに対する配慮が必要となる。

本研究では、積雪寒冷地である北海道内の既存牛舎を対象とした降雪の屋外観測を行い、実大規模の屋根で発生する降雪状況と屋根葺材の表面劣化との関係等について検討した。さらに、降雪状況からその発生条件を検討し、積雪寒冷地における降雪を考慮した積雪荷重の評価方法について検討した。

2. 観測方法

観測は、北海道江別市にある酪農学園大学構内の既存牛舎を対象とし、2000～2004年度冬の5年間行った。図1に示すように、牛舎の屋根形状は切妻型であり、片側の屋根の大きさは幅19m、長さ4.7m、屋根勾配は3/10（約17°）である。この屋根を3分割し、新品の塗装鋼板および劣化を想定した塗装鋼板を施工した。なお、各屋根葺材の境界には高さ0.5mの縁切りを設置している。

使用した新品および劣化を想定した塗装鋼板の表面性状を表1に示す。なお、劣化を想定した塗装鋼板は、実際の劣化材を得られなかった

表1 使用した塗装鋼板の表面性状

	接触角	表面粗さ		粗さの波形
		Ra	Rz	
新品	70°	0.7	3.2	
劣化	64°	1.4	10.6	

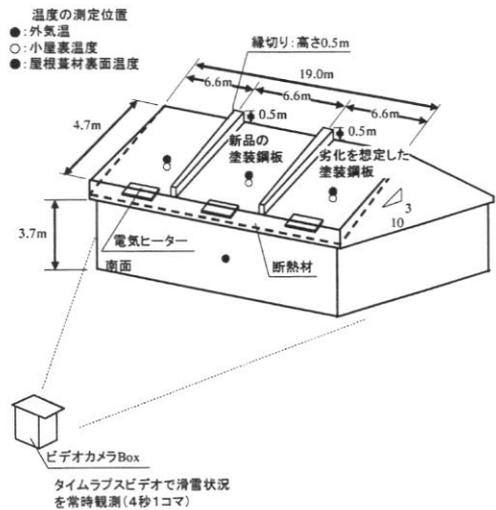


図1 観測概要

ため、ブラシで目荒らしを行って作製した。表のように、この劣化を想定した塗装鋼板は、塗膜が全く劣化していないため接触角の再現にまで至っていないものの、表面荒さは 18 年程度の劣化状況を再現している。

以上に示す屋根葺材を対象に、滑雪状況を観測した。観測には、タイムラプスビデオを用い、4 秒 1 コマの映像を撮影した。同時に、外気温と各屋根葺材で小屋裏温度および屋根葺材裏面温度を測定した。また、牛舎内に家畜が存在したことを想定するため、小屋裏をヒーターで加熱し、温度を 3℃前後に保った状況で滑雪の観測を行った。

これら観測した映像および温度から滑雪までの堆積日数、滑雪時の積雪荷重および温度条件を整理した。屋根上の積雪深は映像から読み取った数値とし、積雪荷重は日数との関数で求められる単位積雪重量 ($\rho = 2.22t + 160$ ρ : 単位積雪重量 (kg/m^3), t : 日数) を乗じて算定した。

3. 観測結果

3.1 滑雪と気象条件との関係

滑雪状況の一例を写真 1 に示す。写真のように、滑雪は日中に発生する傾向があるととも、劣化を想定した塗装鋼板ほど滑雪し難い傾向があった。これら観測で得られた各年度の滑雪状況から積雪荷重の評価に関わる滑雪回数、最大堆積日数、および最大積雪荷重を整理し、気象条件との関わりについて検討した。なお、観測期間中の平均気温および年最大積雪深は、最寄りの気象観測地点である札幌管区気象台のデータを引用した。

図 2 に滑雪状況と気象条件との関係を示す。図のように、最大堆積日数と年最大積雪深との関係以外は、平均気温と年最大積雪深に比例関係あるいは反比例関係が概ね確認できる。特に、

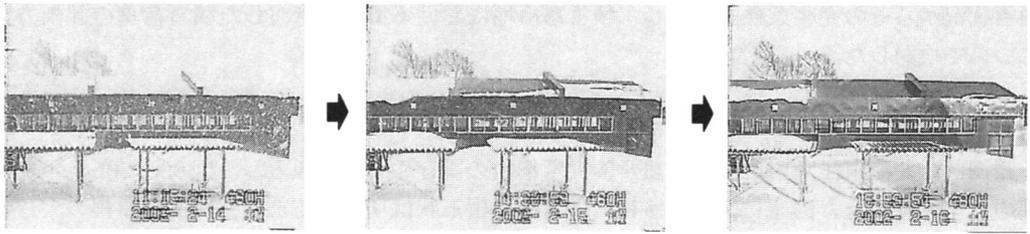


写真 1 滑雪状況の一例

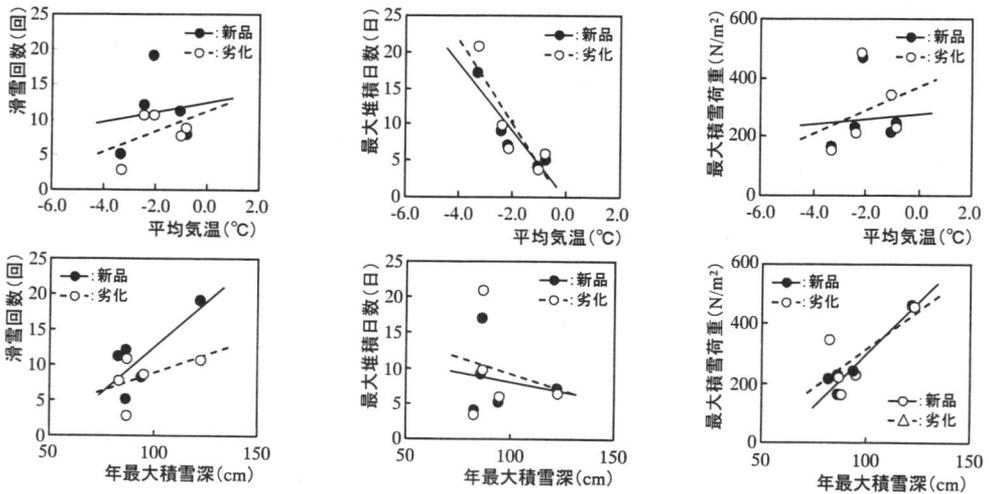


図 2 滑雪状況と気象条件との関係

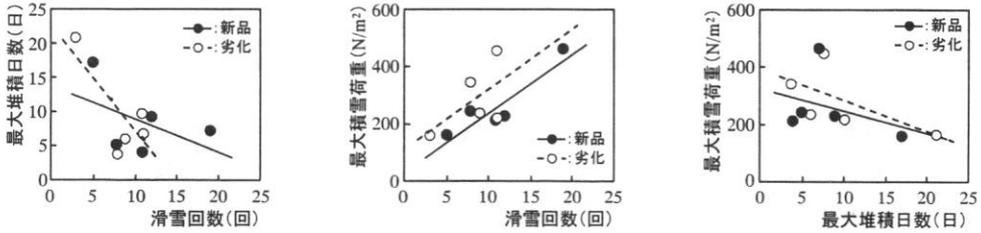


図3 最大堆積日数と最大積雪荷重との関係

平均気温と最大堆積日数および年最大積雪深と最大積雪荷重との関係は相関が強い。さらに、これらの関係は、新品と劣化との両者において確認できる。このように、屋根上積雪荷重の評価に関わる屋根雪の堆積日数および積雪荷重は、気温と積雪の関係から評価できると考えられる。

次に、各年で得られた滑雪回数、最大堆積日数、および最大積雪荷重の関係を図3に示す。図のように、滑雪回数が多いほど最大堆積日数は少ない関係を示すものの、最大積雪荷重が多くなる関係を示す。このため、最大堆積日数と

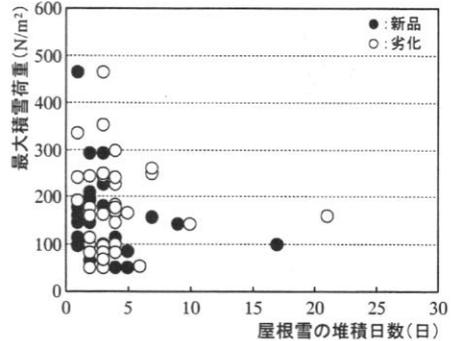


図4 屋根雪の堆積日数と積雪荷重

最大積雪荷重との関係は、日数の増加に伴い最大積雪荷重が減少する関係を示す。この傾向は、図4に示す滑雪1事例毎に示した屋根雪の堆積日数と最大積雪荷重との関係をみても同様である。このように、屋根雪の堆積日数は気温に加えて滑雪時の積雪荷重との相関が強い傾向を示し、積雪荷重が大きいほど駆動力が増加し早期に滑雪するものと考えられる。

以上に示す傾向は、家畜からの放熱によって屋根面温度が保たれやすく滑雪が発生し易いという牛舎固有の条件¹⁾を再現するため、牛舎の小屋裏温度を0℃以上に確保した状況下で得られた結果である。このような場合は、積雪荷重が大きいほど短期間に滑雪が発生しており、現行の告示に示す堆積日数7日を下回っている。また、その日数が7日を上回る事例をみると、劣化を想定した塗装鋼板の積雪荷重が新品より多くなる傾向を示すものの、積雪荷重は小さく構造物の設計に直接影響する値に達していない。すなわち、積雪寒冷地においても牛舎固有の構造や温熱環境によって屋根雪の堆積日数が7日以内になると評価できると考えられる。さらに、屋根雪の堆積日数が短い場合は、新品と劣化で大きな差異も現れていない状況である。しかし、本観測では、屋根雪の堆積日数が長く劣化の影響が大きくなることによって積雪荷重が大きく評価される寒冷で多雪の気象条件に遭遇していないことが要因の一つと考えられる。従って、過去の気象データから屋根雪の堆積日数と積雪荷重を推定し、これらと気象特性との関係を明確にしておく必要があると考えられる。

3.2 滑雪時の温度条件

過去の気象データから屋根雪の堆積日数および積雪荷重を推定するためには、滑雪の発生条件を設定する必要がある。既往の研究をみると、日最高気温を滑雪発生の指標として屋根雪の堆積日数を評価する手法が提案されている²⁾。さらに、滑雪発生の温度条件として滑雪までの積算暖度が観測結果との相関が高いことが指摘されている³⁾。ここでは、滑雪時の日平均気温、

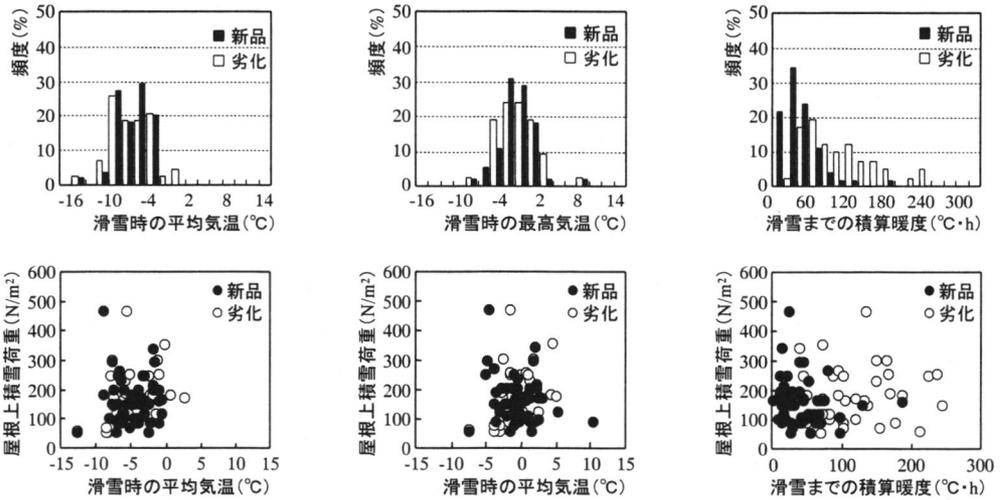


図5 滑雪時の温度状況

日最高気温、および滑雪までの積算暖度を整理し、滑雪発生の温度条件を検討する。

図5に、本観測で得られた滑雪時の日平均気温、日最高気温、および滑雪までの積算暖度の頻度分布と滑雪時の積雪荷重との関係を示す。図のように、滑雪時の日平均気温および日最高気温をみると、日平均気温は-6℃前後、日最高気温は0℃付近に多く分布している。しかし、積雪荷重と明瞭な相関関係は確認されないとともに、新品と劣化と差が小さい。これは、滑雪が数日に渡って移動を繰り返して完了するためと考えられ、1日間の気温状況を示す指標あるいは瞬間的な気温状況を示す指標で評価することが困難な状況を示していると考えられる。次に、滑雪までの積算暖度をみると、新品の場合は50℃・hに多くの事例が分布する。これに対して劣化の場合は分散する傾向がある。積雪荷重との関係においても、新品の場合は滑雪までの積算暖度の増加に伴い積雪荷重が減少する傾向を示し、劣化の場合は分散する傾向を示す。このように、屋根雪の堆積日数内の温度推移を考慮した滑雪までの積算暖度が新品と劣化の差が現れ、数日に渡って移動を繰り返し滑雪が完了する状況に即した指標であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、畜舎施設の屋根上積雪荷重評価を検討するため5年間に渡って滑雪観測を行った。観測の対象としたのは既存牛舎であり、新品および劣化を想定した塗装鋼板の滑雪状況や温度推移等を測定した。その結果、滑雪時の積雪荷重が大きいほど屋根雪の堆積日数が短くなり、新品と劣化との差が小さくなる傾向を示した。しかし、観測期間中に積雪荷重が大きくなると考えられる寒冷で多雪の気象条件に遭遇しなかった。このため、過去の気象データから推定するための滑雪の温度条件を検討した。その結果、滑雪は数日に渡って移動を繰り返し完了に至ることから、屋根雪の堆積日数内の温度推移を考慮した滑雪までの積算暖度が、その滑雪状況に即した指標になる可能性があることがわかった。

1) 日本畜産施設機械協会編：畜舎設計規準・同解説，1997.3

2) 高倉政寛，千葉隆弘，伊東敏幸，苫米地司：制御積雪荷重を用いる勾配屋根における制御日数について，日本建築学会構造系論文集 No.528，pp.53-58，2000.2

3) 千葉隆弘，苫米地司：勾配屋根における屋根上積雪荷重の評価に関する研究，日本建築学会構造系論文集 No.539，pp.37-42，2001.1