陸屋根に形成される雪庇と気象要素との関係について

RELATIONSHIP BETWEEN SNOW CORNICE ON FLAT ROOF AND METEOROLOGICAL ELEMENT

堤 拓哉 —*1 高倉政寛 —*2
苫米地司 —*3

Takuya TSUTSUMI —*1 Masahiro TAKAKURA —*2
Tsukasa TOMABECHI —*3

キーワード：
陸屋根, 雪庇, 観測調査, 気象要素

Keywords:
Flat roof, Snow cornice, Field observation, Meteorological element

It is the purpose of this study to clarify the development of snow cornice on buildings and the relationship between snow cornice and meteorological elements. Therefore we carried out field experiments with the model building and observation of snow cornice in Asahikawa, Hokkaido, Japan. The following results were obtained. (1) Snow drifts in front of parapet have a great effect on the formation of snow cornice. (2) Snow cornice is formed by the heavy snowfall with wind speed exceeded 4m/s. (3) The wind direction during snowfall (over 10cm/day) is closely related to the formative place of snow cornices.

1. はじめに

北海道の多雪地域に建つ建築物の屋根形状は、設備機器の屋上設置および雪処理作業の軽減や落雪トラブルの回避を目的として、陸屋根とするケースが多い。この種の屋根形状を持つ建築物では季節風など一定方向の風を伴う降雪などにより、屋根の軒先に雪庇が発生する事例が数多く見られる(写真 1)。雪庇は軒先への局所荷重の増加、崩落による人身事故や設備機器の破損などにつながることから、雪庇を抑制する技術手法の開発が求められている。多雪地域の建築物では雪庇防止を目的とした笠木の設置も見られるが、屋根上の積雪が多い場合には効果が発揮されないケースが見られる。

雪庇に関する既往の研究は、主に山岳地帯および道路防雪を対象とし、観測調査^{1)~4)}、防止工法の検討^{5)~7)}、雪庇の発生に関する再現実験^{8),9)}などが行われている。一方、建築物に発生する雪庇については、防雪柵の知見を応用した防止工法に関する基礎的な検討¹⁰⁾が行われているものの、雪庇の形成過程や発達要因については不明な点が多く、雪庇の発生箇所の予測や防止工法の開発に必要な基礎資料は不足している状況にある。

筆者らは 2001 年 1 月に道内自治体の公営住宅の雪害に関するアンケート調査¹¹⁾を実施したが、雪庇による雪害は北海道内陸部を中心に約 40%(配布数 212, 回収率 96%)の市町村において発生していることが明らかになった(図 1)。風速の強い沿岸部において発生数は少なく、降雪量が比較的多い地域で発生割合が高い状況にあることから、雪庇の発生は風速のみに影響されているのではなく、降雪など他の気象要素にも影響を受けていることが示唆された。

このような背景から、本研究では、雪庇の形成過程と形成に影響

を及ぼす気象要素を明らかにし、一般の建築技術者が雪庇対策を検討する上で必要な基礎資料を示すことを目的に、北海道内陸部に位置する旭川市にて、モデル建物を対象とした観測調査および集合住宅団地における現地調査を行い、建物軒先に形成される雪庇と気象要素との関係について検討した。

写真 1 雪庇の発生例

図 1 公営住宅における雪庇による雪害の発生状況(H13.1)

2. 調査概要

2. 1 モデル建物の観測調査

観測対象は、北海道旭川市に立地する北海道立北方建築総合研究所敷地内の矩形状の実験棟(平面寸法 11.0m×9.0m, 高さ 10.3m)とした(写真 2)。軒先部はパラペット高さが 530mm、その上部に幅 330mm の鋼製の笠木が設置されている(図 2)。

建物軒先部の状況は、観測対象に隣接する工事事務所に設置したビデオカメラにより撮影し、タイムラプスビデオにて記録した。観測期間は、2001 年 12 月 6 日から 2002 年 1 月 22 日の 48 日間、

*1 北海道立北方建築総合研究所環境科学部 研究職員
(〒078-8801 旭川市緑ヶ丘東 1 条 3 丁目 1 番 20 号)

*2 北海道立北方建築総合研究所環境科学部 研究職員・博士(工学)

*3 北海道工業大学建築学科 教授・工博

*1 Researcher, Hokkaido Northern Regional Building Research Institute

*2 Researcher, Hokkaido Northern Regional Building Research Institute, Dr. Eng.

*3 Prof., Hokkaido Institute of Technology, Dr. Eng.

屋光利用による撮影が可能な時間帯(06:00~18:00)の撮影とした。また、モデル建物周囲の風向風速を測定するため、観測対象に近接する建物の屋上(屋上高 10.3m, 設置高 3.0m)に風車型風向風速計を設置した。降雪量については、最寄の AMeDAS(旭川市)で観測されたデータを使用した。なお、雪庇の発達に合わせて、ビデオカメラの撮影位置を最適な撮影が行える角度に変更した。

2. 2 雪庇の形成に関する現地調査

現地調査は 2002 年 12 月 31 日に旭川市春光地区にて実施した。同地区は、雪庇の形成位置や形成に影響を及ぼす風向の把握が容易な公営住宅や官舎等の単純矩形的建物が規則的に配置されている。調査方法は目視による観察調査で、雪庇が発生している建築物の軒先を写真撮影し、雪庇の形成方位を記録した。現地調査の記録は、旭川地方気象台の「気象月報」のデータを用いて検討を行った。気象台から発表される気象資料には特別データが掲載される「気象日報」と「気象月報」の 2 種類がある。気象日報は詳細な気象情報が得ることができるが、データ数が膨大で、一般の建築技術者が活用するには多大な労力を要することから、1 日毎の統計値で観測値が整理され、汎用性が高い気象月報に掲載されている気象データを主に用いて、調査日以前の特徴的な気象要素について検討した。

3. 調査および検討結果

3. 1 モデル建物の観測調査結果

(1) 観測期間内の日降雪量と風速の状況

観測期間内の日降雪量(毎正時の積雪差プラス値の合計。積雪差がマイナスの場合は 0)と日平均風速を図 3 に示す。日降雪量の最大値は 30cm(2001/12/15)、10cm を超えた日数は 19%(9/48)であった。日平均風速の発生頻度は 2.0m/s 以下が 52%(25/48)、2.0m/s~4.0m/s が 40%(19/48)、4.0m/s 以上が 8%(4/48)であった。10cm 以上の降雪があった場合、日平均風速が高くなる傾向が見られた。

(2) 雪庇の形成過程

モデル建物では、12/15~16(Case1, 写真 3, 4)にかけて雪庇が形成され、1/3~4(Case2, 写真 5, 6)、1/9~10(Case3, 写真 7, 8)において顕著な発達が見られた(図 3)。いずれの場合も、24~48 時間程度で急激に発達する傾向にあった。

タイムラプスビデオの記録によれば、雪庇は以下のような過程を経て形成された。①風下側のパラペットに吹きだまりが発生し、吹きだまりがパラペット高をこえ、吹きだまりの成長と共に風下側へ積雪面が底状に張り出す(写真 3→4)。②底部分が自重により垂れ下がった状態となる(写真 5)。③さらなる降雪により、その上面に雪の堆積と張り出しが起こり、再び垂れ下がる(写真 6, 7, 8)。雪庇はこのような過程を繰り返すことにより発達することが観測された。これらの形成過程は低温風洞による雪庇の発生に関する再現実験の傾向⁹⁾とほぼ同じであった。

雪庇の形成には屋根上の吹きだまりが大きく関与していることから、雪庇の形成位置の予測や対策の実施にあたっては、屋根上の吹きだまり性状を考慮した検討が必要である。また、雪庇は 24~48 時間程度で急激に発達する傾向にあることから、比較的短期間の気象要素に着目する必要があると考える。

写真 2 モデル建物

図 2 モデル建物軒先部

図 3 観測期間内の日降雪量と日平均風速

写真 3 Case 1 発達前

写真 4 Case 1 発達後

写真 5 Case 2 発達前

写真 6 Case 2 発達後

写真 7 Case 3 発達前

写真 8 Case 3 発達後

(3) 雪庇の発達と気象要素との関連

雪庇が顕著に発達した Case1(12/15~16)、Case2(1/3~4)、Case3(1/9~10)の 3 事例を対象に、気象要素との関連について検討を行った。ここでは、短期間の気象変化が雪庇の発達に及ぼす影響を調べるため、雪庇発達期間内の毎時降雪量および毎時平均風速について

て検討した。また、日単位の気象要素について、日平均風速と日降雪量の関係を調べた。

①雪底の発達と降雪量との関連

雪底の発達と降雪量の関係について、Case1～Case3 の時間あたり降雪量(毎正時の積雪差。積雪差がマイナスの場合は0)の累積値を図4に示す。データの抽出区間は各 Case において雪底の発達が確認された前日の0:00 から当日23:00 までの48時間とした。降雪量は雪底の発達が確認された前日の0:00 に観測された値を基準値(0cm)とした。48時間内の降雪量の累積値は、Case1が45cm、Case2が32cm、Case3が21cmである。以上から、雪底は日降雪量10cm以上の強い降雪により発達していることが判る。また、3ケースとも夕方から夜間(16:00～4:00)にかけて降雪量が多い傾向にある。特に、Case1とCase2は夜間の降雪量の増加が顕著であった。

②雪底の発達と風速との関連

雪底の発達と風速の関係について、Case1～Case3 の毎時平均風速の時刻歴を図5に示す。データの抽出区間は前述と同様の48時間とした。図5によれば、3ケースとも降雪量の顕著な増加が見られた夕方から夜間(16:00～4:00)にかけて風速が高い傾向にあり、特にCase1、Case3は5.0m/s以上で推移している。Case2についても4.0m/s前後で推移している。以上から、雪底の形成には比較強い風を伴う降雪が大きく影響していると考えられる。

③雪底の発達と日平均風速と日降雪量との関係

観測期間内および各 Case の日平均風速と日降雪量の関係を図6に示す。図6によれば、日平均風速が3.0m/s以下で日降雪量が10cm以下の場合、雪底の発達が観測されていない。観測調査において雪底が発達した気象条件は、日降雪量が10cm以上で日平均風速が4.0m/s以上の場合(Case1、Case3)、日降雪量が15cm以上で日平均風速が3.0m/s前後の場合(Case2)であった。日降雪量と日平均風速が図に示す領域に入ると雪底が顕著に発達すると考えられる。

3. 2 雪底の形成に関する現地調査結果

(1)雪底の形成状況

雪底の形成状況について、調査結果の一例を写真7～8に示す。写真の矢印は雪底が形成されている方位である。調査地区内の建物屋根上では北東側で顕著な発達が見られた。一般に雪底の形成位置は、風向が影響し建物の風下側に形成されると言われている¹²⁾。雪底は一定方位(NE)のみに形成されていることから、特定の風向が現れる気象条件の影響を強く受けたと考えられる。

(2)雪底の形成位置と日最多風向との関係

雪底の形成位置と風向発生頻度との関係について検討した。気象月報(AMeDAS:旭川市)から得られた調査日以前(2002/11/1～12/31)の風向発生頻度を図7に示す。図7によれば、日最多風向と日最大風速時の風向は近似した傾向を示し、最多風向の発生頻度はSSE(31.1%)、S(18.0%)、WSW(16.4%)、W(13.1%)の順に高い。雪底の形成位置が風向の影響を受けるとすれば、現地調査では最多風向の風下側のNNW～N、E～ENEの位置に雪底が観察されることになるが、雪底は建物の形状に依らずNEの位置で観察され、最多風向の風下側NNW～Nでは観察されなかった。

図4 雪底形成時における降雪量の累積値

図5 雪底形成時における毎時平均風速の時刻歴

図6 雪底の発達と日平均風速および日降雪量との関係

写真7 調査結果例

写真8 調査結果例

図7 調査日以前(2002/11/1~12/31)の風向発生頻度

(3) 雪底の形成位置と降雪時の風向との関係

日最多風向と雪底の形成位置に明瞭な関係が見られなかったことから、降雪の影響を考慮した風向との関係について検討した。前述の日最多風向の発生頻度上位4風向について、日積雪深差を用いて整理した結果を図8に示す。図8によれば、日最多風向S~SSEの場合、日積雪深差10cm以下が86.7%を占める。一方、日最多風向W~WSWの場合、日積雪深差10cm以上が55.6%を占めている。雪底の形成位置はW~WSWの風下側NWであることから、雪底の形成位置は日積雪深差が10cm以上ある日の日最多風向が強く関与していると考えられる。

以上から、形状が単純で風向の判別が容易な建物の場合には、一般的な卓越風向と考えられる日最多風向と共に、日積雪深差が10cm以上あるような多量の降雪日の風向に着目することにより雪底の形成位置を予測することが可能であると考えられる。一方、複雑な形状を持つ建物や周辺環境の影響により風向の予測が困難である場合には、模型雪を用いた風洞実験などにより屋根上の吹きだまり性状を予測する必要がある。

図8 風向別の日積雪深差

(4) 雪底の形成と気象月報から得られる風速値との関係

気象月報における日平均風速および日最大風速とモデル建物の観測調査における発生風速および既往の再現実験^{9),10)}における風速と比較検討した。モデル建物の観測調査および再現実験では雪底が発達する風速範囲は概ね3~7m/sの範囲である。気象月報における降雪時の日平均風速(2.1~3.1m/s)はこの範囲外であったが、日最大風速(4~5m/s)は範囲内であった。モデル建物の観測調査では夜間の降雪時に風速が増加する傾向が見られたことから、これらの影響と考えられるが、降雪時の風速特性の把握、観測対象や調査対象地域を増やすなど更なる検討が必要である。

4. まとめ

雪底の形成と気象要素との関係について検討するため、モデル建物を対象にした観測調査、単純矩形状の建物が多く建つ集合住宅団地において現地調査を行い、以下の知見が得られた。

- (1) 雪底は、屋根上の吹きだまりが風下側に成長することによる積雪面の張り出しにより形成され、自重による垂れ下がりや上面への雪の堆積により成長し、24~48時間程度で急激に発達する。
- (2) 雪底は夕方から夜間にかけて毎時平均風速4.0m/s以上の比較的強い風を伴う降雪がある場合に形成された。
- (3) 雪底の形成位置は日積雪深差が10cm以上あるような多量の降雪時の風向と密接な関係があり、気象資料や風洞実験などにより雪底の発生箇所を予測する際には降雪時の風向に着目する必要がある。
- (4) 屋根上の吹きだまりがパラペット高を超えると雪底が発生していることから、屋根上およびパラペット近傍の積雪性状と雪底形成の関係について調査する必要がある。
- (5) 雪底の形成には風速および降雪量が強く影響しているが、雪質など他の要因の影響について引き続き調査を継続する予定である。

【参考文献】

- 1) 石田完, 小林俊一, 小林大二: 手塩地方山地の雪底調査Ⅰ, 低温科学, 物理編, 29, pp.94-101, 1971
- 2) 小林大二ほか5名: 手塩地方山地の雪底調査Ⅰ, 低温科学, 物理編, 29, pp.104-113, 北海道大学, 1971
- 3) 成瀬廉二, 西村寛: 雪底の構造と雪質Ⅰ, 低温科学, 物理編, 38, pp.41-51, 北海道大学, 1979
- 4) 成瀬廉二: 雪底の表面形態, 低温科学, 物理編, 39, pp.75-80, 北海道大学, 1980
- 5) 丸山久一: 雪底防止に於ける板塀欄について, 雪氷, 第16巻, 4号, pp.12-16, 日本雪氷学会, 1955
- 6) 今井篤雄: 雪底防止に於ける吹払式欄について, 日本雪氷学会誌, 雪氷, 第16巻, 4号, pp.17-24, 日本雪氷学会, 1955
- 7) 金野篤, 今井篤雄, 丸山久一: 雪底防止における板塀欄の調査, 日本雪氷学会誌, 雪氷, 第17巻, 3号, pp.18-20, 日本雪氷学会, 1956
- 8) 小林大二: みぞの縁にできる小雪底, 低温科学, 物理編, 27, pp.405-407, 北海道大学, 1969
- 9) 内藤明男, 小林大二: 雪底の発生に関する実験的研究, 低温科学, 物理編, 44, pp.91-101, 北海道大学, 1985
- 10) 吉米地司, 小林敏道: 屋上雪底防止工法に関する基礎的検討, 日本雪氷学会誌, Vol5, No.1, pp.3-9, 1989
- 11) 堤拓哉, 高橋章弘, 南慎一: 北海道の公営住宅に雪害と対策について, 2001年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集, p.56, 2001.10
- 12) 日本雪氷学会編: 雪氷事典, p.60, 1990.10

[2003年10月20日原稿受理 2004年2月23日採用決定]