

論文内容の要旨

申請者氏名 土 谷 学

気流性状を用いた積雪荷重分布の予測法に関する研究

北海道や本州の日本海沿岸は、世界でも有数の多雪地帯として知られており、その積雪が3mを超える地域も少なくない。また、近年の地球環境の変化や都市気候による温暖化で、日本の平均積雪量は減少の傾向にあるとされているが、その反面、異常気象による一時的な豪雪が増えているとも言われている。平成8年や平成12年には、各地で近年稀に見る積雪深を記録しており、札幌における年最大積雪深では、平年値87cmに対して、平成8年に145cm、平成12年に148cmを記録している。

建築物の設計時において積雪荷重を算定する場合、積雪量そのものに加え、風による吹きだまりや吹き払いによって生じる偏分布荷重を評価することが必要である。建物形状によっては、この吹きだまりにより、通常の積雪荷重を遙かに超える荷重が局所的に加わる可能性がある。特に、近年に見られる競技場や運動施設におけるドーム建築物、吊屋根構造建築物、あるいは、大規模小売店舗や工場、倉庫、体育館などの大スパン建築物において偏分布荷重の予測と評価は不可欠であると言える。しかしながら、吹きだまりの位置や形状は、気温、降雪量、雪質、風向および風速などの種々の気象条件に加えて、建築物自身の形状や近隣建物の状況などの条件により大きく左右されるため、一概には定まらず、容易に予測することはできない。建築基準法においては、令86条第5項において、「屋根面における積雪量が不均等となる恐れがある場合においては、その影響を考慮して積雪荷重を計算しなければならない。」と明記されているが、その具体的な分布形状については規定されていない。また、日本建築学会の建築物荷重指針・同解説では、基本的なM型屋根、連続山形屋根、のこぎり屋根、セットバックのある屋根における偏分布係数が規定されているが、大規模または特殊な形状の建築物等については、調査、実験等に基づいて定める必要があるとしている。これは、建物屋根上における積雪分布の調査研究の絶対数が少なく、様々な屋根形状に対して系統的に把握するには至っていないことによる。

現在、建物屋根上や周囲の吹きだまりを予測する最も有効な手法としては、自然雪や模型雪を用いた吹雪風洞実験が行われており、多くの検討実績がある。しかし、建物屋根面や建物近傍における吹きだまり性状については、実現象自体が十分に解明されていないことなどにより、相似則が細部までは確立されていないという面が残り、個々の研究者の知識と経験に頼る部分がある。従って、吹雪風洞実験においては、研究者の技術ポテンシャルの高さが要求される。また、近年では吹雪風洞実験による吹きだまり予測の他に、混相流を対象とした数値流体解析による吹きだまり予測も試みられているが、前述のように実現象の解明が不十分なことに加え、計算技術自体が確立されていないことなどにより、正確な予測結果が得られるには至っていない。風により形成される積雪分布形状予測における相似則の確立には、自然界における吹きだまり現象の把握と、その形成要因の解明が重要であると言える。

吹きだまりが形成されるという物理現象の過程を考えると、様々な要因が雪粒子の一つ一つに作用した現象の累積結果であるといえるが、吹きだまり性状を予測する上では、吹きだまりの形成に対して特に支配的に作用する要因を明らかにすることが重要である。吹きだまりの形成に関わる多くの要因の中で、雪面近傍の気流性状が密接に関係することは、既往の研究において明らかである。特に建物の風上側にできる吹きだまりの形成には、雪面近傍のせん断応力の変化が大きく寄与していることが明らかにされている。一方、建物の風下側における吹きだまりの形成に対しては、雪面近傍のせん断応力の変化との間に、必ずしも相関関係が成り立つわけではない。建物からの剥離流の影響により、建物の風上側と風下側における流れ性状の違いは、雪面近傍のみではなく、建物高さと同程度以上にまで及ぶことから、建物前後の気流性状の違いが吹きだまり形成に与える影響は大きい。しかしながら、建物の風上側や風下側を問わず、風的作用によって吹きだまりが形成されていることは事実であり、その形成に影響を及ぼす別の物理的要因があるのではないかと推測した。

本研究では、吹きだまりと気流性状との関連性の検討を行い、吹きだまり形成の主要因となる気流特性を明らかにすることで、吹雪風洞実験や混相流を対象とした数値流体解析による吹きだまり現象の予測手法における相似則の確立に寄与し、さらに、一般的な気流風洞実験や数値流体計算で得られる建物周りの気流性状分布を用いて吹きだまり性状を予測する手法を提案しようとするものである。

本論文は、次に示す1章から6章で構成する。

1章では、本研究の背景と目的、吹きだまりおよび積雪荷重分布等に関連する既往の研究の概要と本研究の位置付けについて述べている。

2章では、積雪分布の形成に影響を与える気流性状の特性について検討を行う上で必要となる積雪分布の性状について述べる。積雪分布の性状は、吹きだめ型の防雪フェンスと、階段状屋根建物を対象とした試験体を北海道工業大学のグラウンドに設置して、長期間に渡り観測したものである。吹きだめ型の防雪フェンスを対象とした観測では、冬期の気象条件の違いによる積雪性状の推移の違いを明らかにし、階段状屋根建物を対象とした観測では、風速と風向をパラメータとして、吹きだまりが問題となる下段屋根上にできる吹きだまり形状の違いを明らかにしている。

3章では、積雪分布の形成に影響を与える気流特性について検討を行う上で必要となる気流性状について述べる。気流性状は、2章で対象とした吹きだめ型の防雪フェンスと階段状屋根建物周りについて、それぞれの試験体の縮尺モデルを用いた風洞実験により測定した。実験では、全体的な流れの性状を測定するとともに、積雪性状に影響を及ぼすと考えられる地表面や屋根面に近接した位置における流れについて、スプリットファイバークローブを使用して、風向、風速の平均成分、変動成分を高い精度で測定し、その分布性状を明らかにしている。

4章では、2章で示した吹きだまり性状と3章で示した気流性状を用いて、雪面に近接した位置における水平方向の平均風速の分布および水平方向の流れの平均加速度と吹きだまり性状の相関関係を検討する。その結果、平均風速では対象物の風上側などにおいて良い相関を示す部分も見られるが、対象物の風下側や屋根面のように障害物からの剥離流れによって複雑な流れ場となる領域においては、必ずしも相関性が良くないことを示した。一方、水平方向の流れの平均加速度は、対象物の風上側において積

雪性状に対して負の相関関係を示すとともに、平均風速では相関性が良くなかった対象物の風下側や屋根面においても、同様の関係を示すことを明らかにし、水平方向の流れの平均加速度を使うことで積雪分布を予測できる可能性を示している。

5章では、4章で得た屋根面や地表面に近接した位置における水平方向の流れの平均加速度を用いて、種々の建物や地形に対して積雪分布の予測を試み、実現象との比較検討を行うことで、本研究で提案する積雪分布の予測手法の有効性を検証している。

6章では、2章から5章までの調査、実験、検討で得られた結論および今後の課題をまとめて示す。