

# 論文内容の要旨

申請者氏名 小竹 達也

## 大規模建築物における屋根雪の落下衝撃荷重に関する研究

近年、多雪地域において最高高さ数十メートル、スパン百メートル以上の規模のドーム建築物が幾つか建設されている。このようなドーム建築物では、一般に滑雪による屋根雪処理が行なわれている。この大規模な落雪現象に対する設計上の課題は、その衝撃荷重を適切に評価し、設計に反映させることにある。しかし、多雪地域において頻繁に見られる落雪現象に対し、これまでは屋根上の雪止めや雪庇防止ネットの設置などのように「雪を落とさない」という方針による対応をしてきたため、雪が落ちた後の十分な対応が取れていないという現状がある。屋根上積雪を落雪させる雪処理を行なっている建物は住宅規模のものが多く、堆雪エリアの確保や堆雪に対する壁面やガラス面の保護などの計画や運用的な対応が求められてきたため、雪が落ちた後の構造的な評価や対応は重要視されなかった傾向にある。しかし、ドーム建築物では高所からの落雪が頻繁に発生するため、それを前提とした設計が必要となってくる。また、施設機能の多様化や集客性の向上のため市街地に建てられたり、ドーム周辺に付帯施設が置かれたりするケースもあり、落雪による衝突を考慮せざるを得ない状況もみられる。

落雪による衝撃荷重評価についてみると、国内外とも特に基準もなく、参考となる資料も殆どない状況である。日本建築学会荷重指針・同解説およびISO（国際標準化機構）において衝撃荷重による検討の必要性が述べられているが、その評価方法についてはデータ不足から実用的なものは示されていない。その結果、これまでの設計者は、既往の研究や他分野の評価方法を参考に独自の評価により対応してきた。

このようなことから本研究では、雪氷塊を用いた屋外衝撃実験を行い、雪氷塊の衝撃特性を明らかにし、衝撃波形の定義方法を示した。また、衝撃荷重に関連する滑雪特性や堆雪形状について実現象レベルでの調査、実験を行い、衝撃荷重との相関性を示した。更に、これらのデータから解析用波形モデルを作成し、動的応答解析による評価方法を提案した。この提案によれば、建設地の気象条件や構造物の形状を考慮した衝撃荷重評価が可能である。また、同じモデルを用いて動的応答解析と静的解析を実施し、その結果の比較検討を行なった。これにより簡易検討が可能な静的評価式を示した。さらに、落雪現象における落下衝撃荷重の評価方法を提案している。

本論文は、全7章で構成されており、各章の内容は以下通りである。

第1章では、落雪現象に対する設計対応の現状を明確にし、既往の研究から得られた知見と落雪による衝撃荷重評価の重要性を示し、本研究の目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、衝撃荷重を評価する上で必要なデータを得る目的で、雪氷ブロックを用いた自由落下による衝撃実験の内容について述べている。まず、他分野の衝撃実験方法について調査した上で、実験の

目的に合った装置や方法を決定している。そして、雪氷塊の衝撃波形を把握するため、記録装置にはロードセルを用いて、時間一荷重曲線データを測定している。また、得られた波形データから、波形の表れ方の特徴、最大衝撃荷重と密度やエネルギー量との関係を求め、衝撃荷重に関わる要因について述べている。

第3章では、衝撃荷重に影響を与える主な要素である衝突速度に着目し、大規模建築物における屋根上での滑雪性状について述べている。滑雪性状を調べるため、大規模屋根のモックアップによる滑雪実験と実際のドーム建築物における滑雪状況調査を行なっている。ドーム建築物の調査では、これまでの実験レベルではない実際の屋根上積雪によって起こる実滑雪現象を確認し、シミュレーションによる滑雪状況の検討結果と比較することで、その妥当性について示している。また、滑雪実験は、金属屋根と膜屋根について実施しており、曲面屋根におけるテイクオフ現象や摩擦抵抗、粘性抵抗、空気抵抗といった滑雪抵抗力の影響について述べている。そして、滑雪抵抗力が衝撃荷重には殆ど影響を与えないことを示している。

第4章では、落雪現象の最終現象である堆雪に着目し、堆雪形状と衝撃荷重の関係について述べている。まず、大規模建築物における堆雪形状を調査し、その形状的な特徴と形成過程を明確にしている。また、規模や屋根形状の異なる建築物を調査することにより、建物形状による影響の他、建物規模による屋根上積雪の持っているエネルギー量と堆雪形状の関係を示している。

第5章では、第2章の衝撃実験により得られた結果から雪氷塊の衝撃波形モデルを作成し、検討用構造物による動的応答解析を行なった結果について述べている。解析には汎用プログラムを用いており、構造物上の積雪荷重、衝突速度、最大衝撃荷重値などをパラメータにしたケーススタディを行なっている。その結果、最大応答値は載荷直後に発生し、その後は流体衝撃荷重による変位位置を軸に一次固有周期で振動することが述べられている。また、同じモデルで静的解析を行い、その結果と比較することで、応答解析による検討結果の荷重レベルを示している。

第6章では、設計用衝撃荷重の設定方法について述べている。衝撃荷重の評価方法に2つの方向性を持たせており、動的応答による検討方法と静的な検討方法について示している。動的応答による検討では、既往の研究や衝撃実験により得られた知見から解析用波形モデルにおける破壊強度や衝突円錐形成時間などの設定方法と実際の解析の流れを示している。静的な検討では、第5章で行なった動的応答解析の検討条件を増やし、静的解析結果と比較することによって、より一般解に近い評価値を求めている。

第7章では、本研究により得られた大規模建築物における落雪の衝撃荷重の評価方法に関する考え方を総括して述べている。