

屋外工作物に作用する積雪沈降荷重に関する研究

○数矢 彰, 苫米地 司, 伊東 敏幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

積雪地域に建設される各種屋外工作物は積雪下へ埋没することが多く、積雪の沈降圧による建築部材の変形や破損等の被害が発生している。日本建築学会建築物荷重指針では、上記のような工作物等に対して積雪沈降荷重を考慮した設計が必要であるとされている¹⁾。現状の積雪沈降荷重算出には、水平桁を用いた実験から得られた推定式が用いられている。しかし、一般的に積雪下へ埋没する建築部材には斜材となる筋違や連続性を持つメッシュフェンス等の部材が多く、水平桁とは異なる場合が多い。従って、水平桁から得られた推定式では十分に対応できないと考えられる。

このような背景から、本研究では積雪沈降荷重による被害状況を調査した。同時に、斜材に作用する積雪沈降荷重の屋外実測および荷重換算を行った。

2. 研究方法

2.1 屋外調査方法

積雪沈降荷重による被害状況を把握するために、豪雪地帯である蘭越町、仁木町およびニセコ町にある工作物および建築部材の調査を行った。調査では、屋外に露出して直接的に積雪沈降荷重の影響を受ける筋違の残留変形を測定した。残留変形は筋違の両端部から水糸を張り、部材各部で1mm単位の変形量を測定した。この測定結果を用いて、工作物および建築部材の積雪沈降荷重による被害状況を検討した。

2.2 メッシュフェンスに関する屋外調査方法

積雪沈降荷重に対する積雪深さの影響を検討するために、虻田郡ニセコ町にある北海道工業大学芦原山荘敷地内に設置したメッシュフェンスの残留変形を測定した。測定方法は

上述 2.1項と同様である。さらに、メッシュフェンス周辺積雪の日数経過に伴う変化を確認するために、周辺積雪の断面観察を行った。メッシュフェンスの設置期間は、1994年11月から翌年3月末までとした。

2.3 屋外実測方法

筋違に作用する積雪沈降荷重を検討するために、図1に示す試験体を北海道工業大学敷地内に設置した。設置期間は、1996年12月28日から翌年3月中旬までとした。図のように、筋違にはチャンネル鋼 (25×25×3) を用い、端部はガセットプレートに高力ボルトで固定してある。この試験体側面に積雪深高 160cm、積雪幅 400cmの範囲で雪を三角形形状に堆積させた。これは、実際の工作物軒下部における雪の堆積形状を再現したものである。このような条件下において、積雪沈降荷重による部材の変形量とその推移を測定した。変形量の推移は、筋違に20cm間隔で張り付けた7ヶ所の歪みゲージによって測定した。

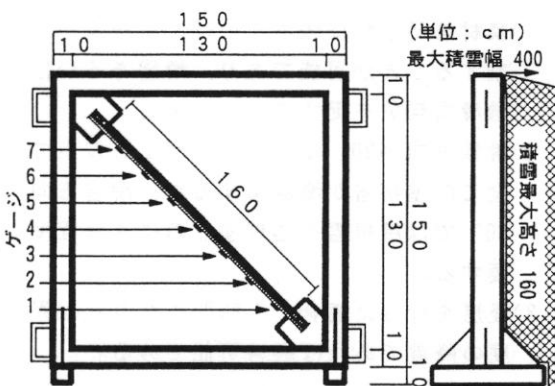


図1 屋外実測装置とその概要

2.4 積雪沈降荷重換算方法

実験装置に作用する積雪沈降荷重は、前述の屋外実測結果から歪みと応力度との関係を

考慮して換算した。ここで、歪みと応力度との関係には予備実験から得られた値を用いた。なお、荷重換算に必要な数値は、部材設置状況および全層平均密度の経日変化過程²⁾を考慮して用いた。次に、既往の研究^{3, 4)}で提案された推定式に部材周辺の積雪状況を当てはめて積雪沈降荷重の換算を行い、実測結果から得た積雪沈降荷重との比較を行った。

3. 研究結果

3.1 屋外調査結果

調査した筋違の変形概要と変形量を図2に示す。図中の写真のように、残留変形が発生しているのはいずれの筋違においても地上高2m以下の部分であった。これは、観察地域の平均積雪深⁵⁾が2m前後であることから、積雪沈降荷重の影響を受けたと考える。この影響は毎冬の積雪を経る度に累積し、筋違に変形および破損等の被害をもたらす。このような被害が発生した筋違は、設計段階で想定した荷重負担に対してその役割を十分に果たせない。このため、連結している他の部材や工作物の荷重負担に影響を与える。これらのことから、積雪下へ埋没する建築部材および工作物に関しては、初期設計段階から積雪沈降荷重を十分に考慮し、上記のような被害が発生しないように設計する必要がある。

3.2 メッシュフェンスに関する屋外調査結果

メッシュフェンス周辺における積雪断面の観察結果を写真1に示す。写真のように、積雪断面には、メッシュフェンスを中心としてその左右に褶曲した積雪層が形成されている。この積雪層は、メッシュフェンスの中心から遠ざかるに伴って褶曲勾配が緩くなり、褶曲の最終部分では自然積雪層の水平勾配と一致している。このことから、褶曲層が水平勾配と一致する部分までの範囲が積雪沈降荷重の影響圏である。写真では約1.4m～1.8mの範囲が影響圏であり、高さが異なる場合は高さの増加に伴って影響圏の範囲も増加していた。

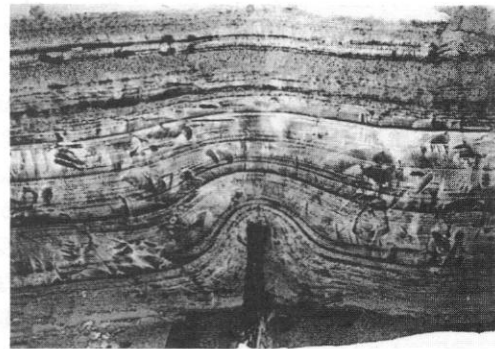


写真1 メッシュフェンス周辺の積雪断面

注：表中の長さ比は、上端からの部位/ブレースの全長を示す

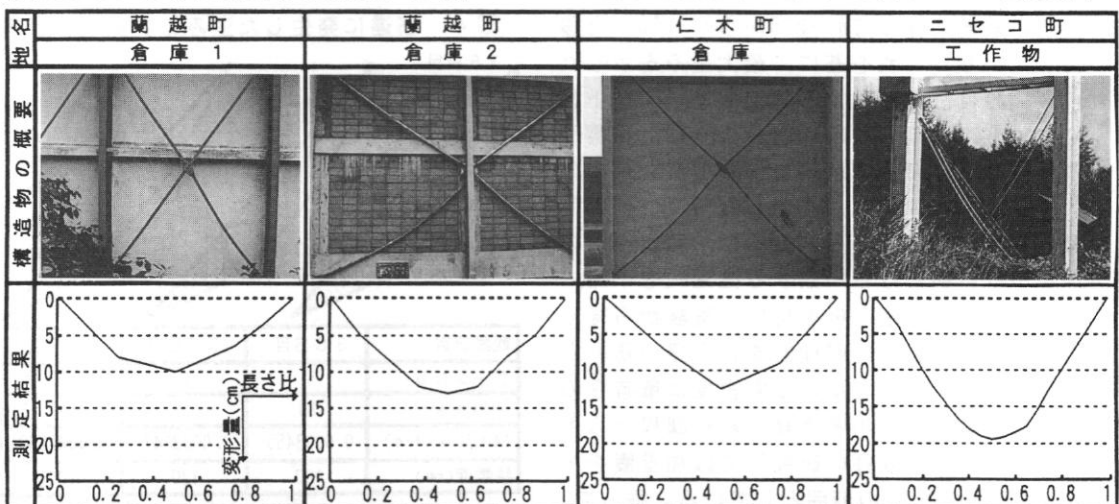
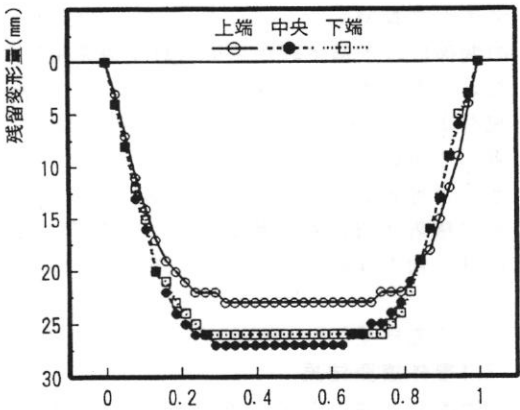


図2 屋外工作物の変形概要と測定結果

ここで、メッシュフェンスには垂直方向の残留変形が大きく発生していたことから、横筋各部の残留変形量の実測結果を図3に示す。図のように、上端に位置する横筋の変形量は、中央および下端に位置する横筋の変形量と比較すると大きな値を示していた。なお、水平方向の残留変形は垂直方向の残留変形と比較すると非常に小さな値を示していた。これらのことから、積雪沈降荷重が工作物に及ぼす影響は、先に述べた影響圏のみでなく工作物の地上高さによっても異なることが判った。

3.3 屋外実測結果

屋外実測装置の筋違に発生した歪みの推移状況を図4に示す。図のように、実験開始から20日経過前後で筋違上部のゲージにおける歪みが急激に増加している。さらに、40日経過前後で筋違下部のゲージにおける歪みが急激に増加している。これは、1月15日（実験開始から19日経過）、2月3日（実験開始から34日経過）に発生した降雨現象の影響を受けて、融雪による積雪の密度変化から大きな積雪沈降荷重が作用したと考える。なお、観察初期にゲージ1およびゲージ7の歪みが負の方向（圧縮側）へ出ているのは、部材両端の固定状態に影響を受けたと考える。次に、観察中に最大歪みを示したゲージの位置をみると、日数の経過に伴ってゲージ5からゲージ3へと移動している。これを基に、最大歪みを示したゲージの位置が移動する状況をモーメント図で表すと、図5となる。図のように、積雪深の減少および日数の経過に伴って M_{MAX} の値は小さくなり、 M_{MAX} を示したゲージの位置は下方へ移動している。ここで、積雪範囲の設定が本実験とほぼ一致する推定式を下記に示す。これらは水平桁を用いた実験から得られた式であるが、比較検討を行う際の基準とした。なお、式内で用いる雪密度は筆者らの研究による全層平均密度経日変化課程から用いた。さらに、既往の研究⁶⁾では加重圏を中央から0.5m~0.7mの範囲としている。従って、設定条件等から加重圏の範囲を0.5mとした。



スパン比(左端からの部位/フェンス全長)

図3 メッシュフェンスの残留変形量

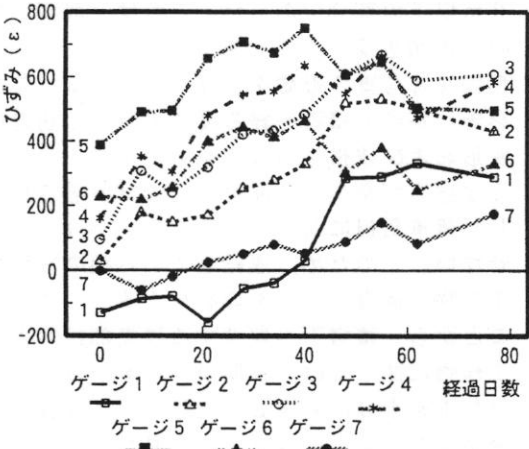
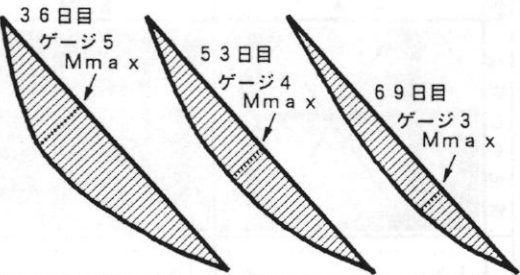


図4 筋違に発生した歪みの実測推移状況



観察日数	36日目	53日目	69日目
ゲージNo.	5	4	3
ϵ_{max}	786	716	607
$M_{max}(t \cdot m)$	0.0003455	0.0003147	0.0002668
積雪深(cm)	160	120	100

図5 最大歪みを示したゲージの移動状況

- 1) $F_{max} = 1.7 \times W_{max}^{3/2}$ (積雪3.5mまで) ・ 荘田
- 2) $F_{max} = (\pi R^2 + 2R(b+l) + b \times l)(H_{wmax} - H_{wo})$

・ 中俣

但し, F_{max} : 作用する沈降力最大値(t/m)

W_{max} : 一冬の積雪重量最大値(t/m²)

b : 受圧面幅(m), l : 受圧面長さ(m)

R : 加重圏半径(m)

H_{wmax} : 一冬の最大積雪量(Kg/m²)

H_{wo} : 施設埋没までの積雪重量(Kg/m²)

実測結果から各ゲージの最大歪みを用いて積雪沈降荷重を算出し、既往の推定式を用いた場合との比較を行った結果、表1に示す積雪沈降荷重の値が得られた。表のように、各ゲージの最大歪みから換算した積雪沈降荷重は、推定式から得た積雪沈降荷重と比較すると全てのゲージにおいて大きな値を示した。また、最大歪みを示したゲージ3～ゲージ5の値には、10倍～20倍の差が生じていた。最後に、水平桁と斜材の各部における積雪状況および荷重負担の差異を模式図的に表すと、図6のようになる。図のように、積雪沈降荷重が双方に及ぼす影響は、水平桁と斜材とは異なっている。これらのことから、積雪沈降荷重における水平桁と斜材との差異には、上述のような相異が大きく影響している。

4. まとめ

本研究によって、以下に示す事項が明らかとなった。

- 1) 積雪沈降荷重は、工作物の設置状況や建築部材周辺の積雪状況によって、工作物に与える影響が大きく異なる。
- 2) 水平桁による実験結果から得た既往の推定式では、筋違等の斜材に加わる積雪沈降荷重の評価に対応できない部分が存在する。

この原因は、建築分野の各種屋外工作物が持つ建築部材同士の連続性にある。このことから、多面的な工作物や建築部材の形状および周辺積雪の範囲を考慮した推定式の検討が新たに必要である。

表1 最大歪みから得られた積雪沈降荷重と推定式から得られた積雪沈降荷重との比較

使用式 単位(t/m ²)	荘田式による 積雪沈降荷重 F MAX値	中俣式による 積雪沈降荷重 F MAX値	最大歪みから 換算した 実測 F MAX値
ゲージ1	0. 0 2 2 5	0. 0 3 0 5	1. 6 4 0 0
ゲージ2	0. 0 4 7 4	0. 0 5 4 9	1. 7 9 5 8
ゲージ3	0. 0 7 6 9	0. 0 9 2 6	1. 6 8 1 5
ゲージ4	0. 1 1 1 9	0. 1 3 0 4	1. 4 9 2 4
ゲージ5	0. 1 4 9 8	0. 1 8 3 5	1. 7 1 8 7
ゲージ6	0. 1 9 1 2	0. 2 3 4 6	1. 2 6 5 5
ゲージ7	0. 2 3 7 2	0. 3 0 3 1	0. 8 1 5 3

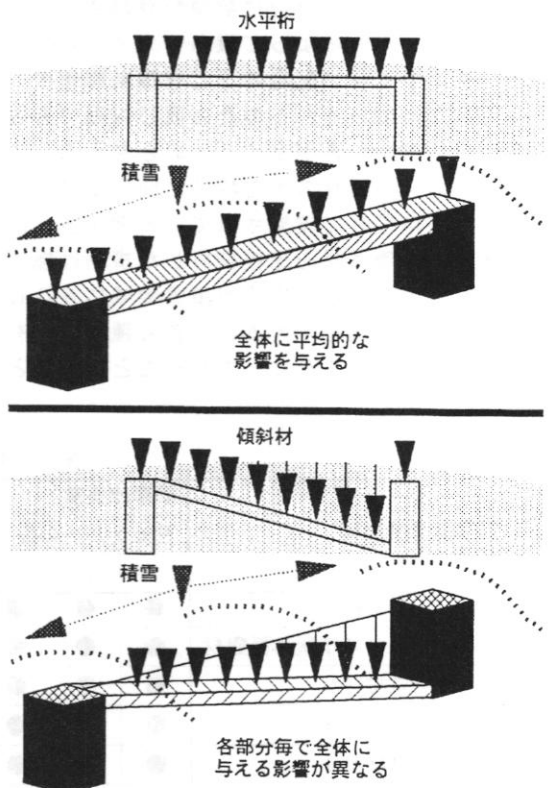


図6 積雪状況および加重負担状況の差異

【参考文献】

- 1) 日本建築学会編：日本建築学会建築物荷重指針・同解説, pp.34-44, 1995
- 2) 日本建築学会編：日本建築学会建築物荷重指針・同解説, pp.188-192, 1993
- 3) 荘田 幹夫：積雪沈降力の研究, 雪氷の研究 No 1, 1953
- 4) 中俣 三郎：積雪沈降力の実用式について, 日本雪氷学会秋季大会, pp130, 1976
- 5) 気象庁：日本気候表, pp39-40, 1991
- 6) 防雪工学ハンドブック：積雪の沈降力, pp34-39