

## 積雪寒冷地のメッシュフェンスの開発について

○湯浅雅也, 伊東敏幸, 苫米地司 (北海道工業大学), 黒沢正樹 (積水樹脂)

### 1. はじめに

積雪地域では、降雪期において構造物が積雪中に埋没することがよくある。積雪中に埋没した構造物は積雪の沈降現象による大きな力を受け、部材が変形したり、時には破壊することもある。これまでの積雪の沈降力に関する研究をみると、一本の桁を対象とした沈降力の算定式<sup>1)</sup>がある。しかし、この算定式はメッシュフェンスのような複雑な形状をした構造物に対する適応性は考慮されていない。

本研究は、積雪寒冷地に適応できるメッシュフェンスの開発研究の一部として、形状および取付方法の異なるメッシュフェンスを積雪寒冷地に一冬設置し、積雪の沈降力による部材の変形状況を把握することを目的としている。

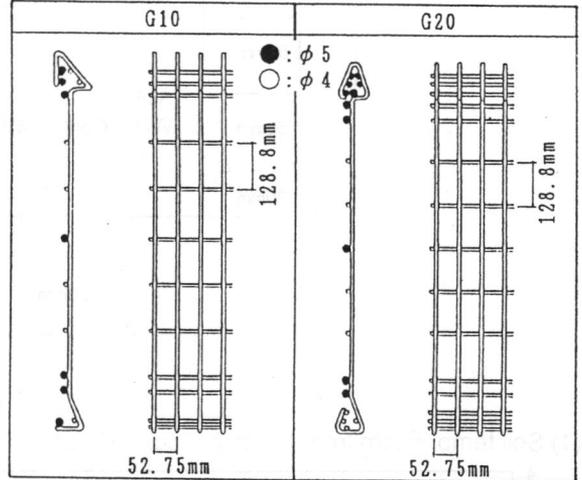


図1 各メッシュフェンスの概要

### 2. 実験方法

メッシュフェンスを豪雪地域である虻田郡ニセコ町に設置し、積雪の沈降力による部材変形を観察した。設置期間は1993年11月25日から翌年3月31日までとした。設置したメッシュフェンスは、タイプG10およびG20の2種類とし、支柱間スパンの長さおよび取付方法が異なる6種類を設置した。各メッシュフェンスの概要を図1に、取付方法を図2に示す。G20-Sは、許容曲げ応力(短期) =  $2.4 \times 10^4$  (t/m<sup>2</sup>) の笠木でG20を釣っている。なお、左右のスパンにおけるメッシュフェンスは、支柱が傾く等の力を受けることを考慮して、中央スパン部に設置したメッシュフェンスを変形量の測定対象とした。

### 3. 積雪の断面観測結果

試験体の設置期間における倶知安測候所の積雪状況を図3に示す。図のように、11/25から積雪が始まり、2月中旬まで積雪深が増加し、2月17日に最大積雪深195cmとなる。その後、最大積雪深と同程度で約1ヶ月間推移している。

積雪中に埋没している状態での試験体と積雪断面を観察した。3月30日に各メッシュフェンスの長さ方向と直交する積雪断面を観測した結

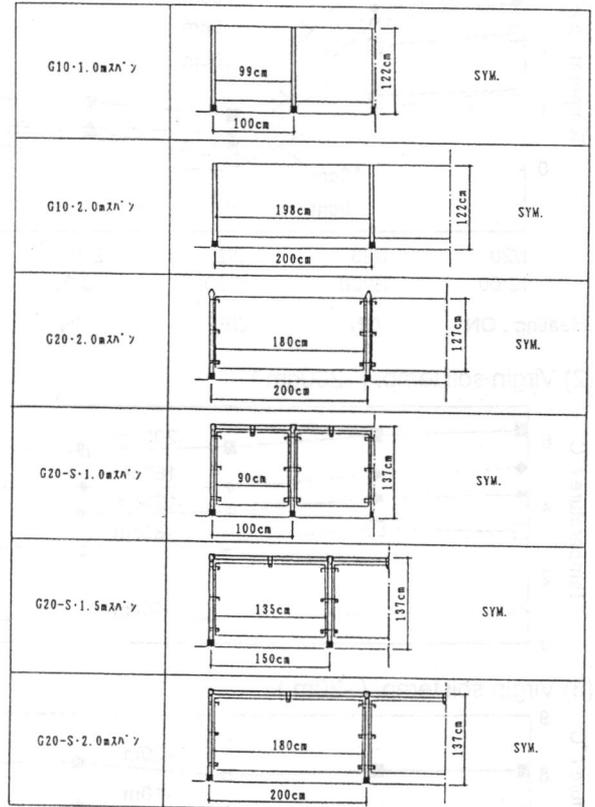


図2 取付方法の概要

果を写真1～3に示す。G20およびG20-Sは積雪層が上部まで凸状にしゅう曲した積雪層になっている。これに対し G10は、G20に比べてフェンス上部のしゅう曲部分が小さい。これは、G10の上部の横筋が少ないため沈降力の受圧面積が少ないこと、強度的に弱いため沈降力によって著しく歪んでいることが原因と考える。

4. 沈降力による残留変形量の測定結果

メッシュフェンスの残留変形状況を写真4～6に示す。写真のように、G10およびG20は著しく変形しているが、G20-Sの変形は小さい。

4-1. G10の残留変形量

G10は、スパン長さを1mと2mの2種類について実験した。これらの試験体における残留変形量を図4に示す。残留変形量は、等分布荷重のかかる単純梁のモーメント応力分布に近似し、スパン中央部付近で最も大きな値を示している。また、スパン長さおよびフェンスの上部と下部によっても変形量が大きく異なる。スパン別の最大残留変形量をみると、スパン長さ1mは上部で16.5mm、下部で24mm、スパン長さ2mは上部で53mm、下部で65mmとなる。スパン長さおよび部位による最大残留変形量を比較すると、スパン長さ2mの最大残留変形量はスパン長さ1mの3倍以上になり、下部の最大残留変形量はスパン長さ1mで上部の約1.4倍、スパン長さ2mで上部の約1.2倍となる。さらに、上部形状が非対称形である G10は水平方向にも残留変形が生じていた。G10の上部における沈

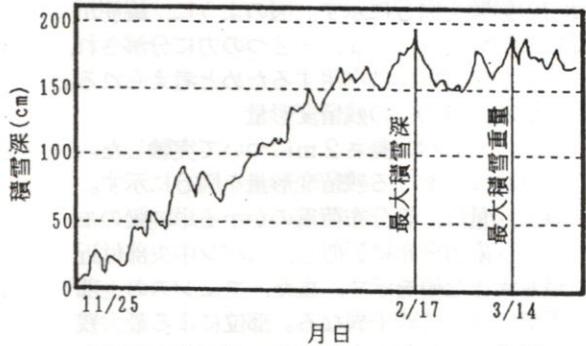


図3 試験体設置期間における 倶知安測候所の積雪状況

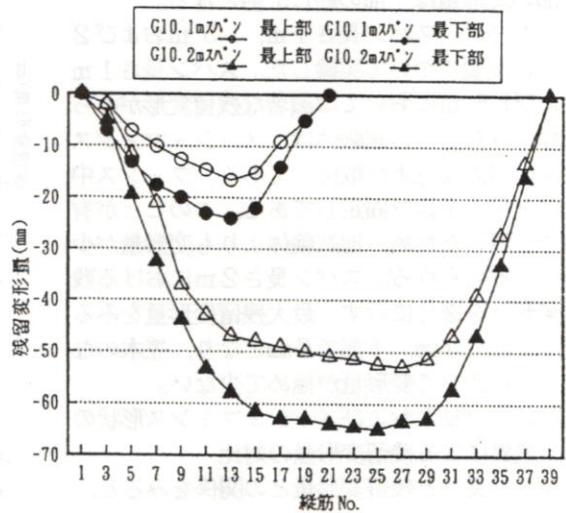
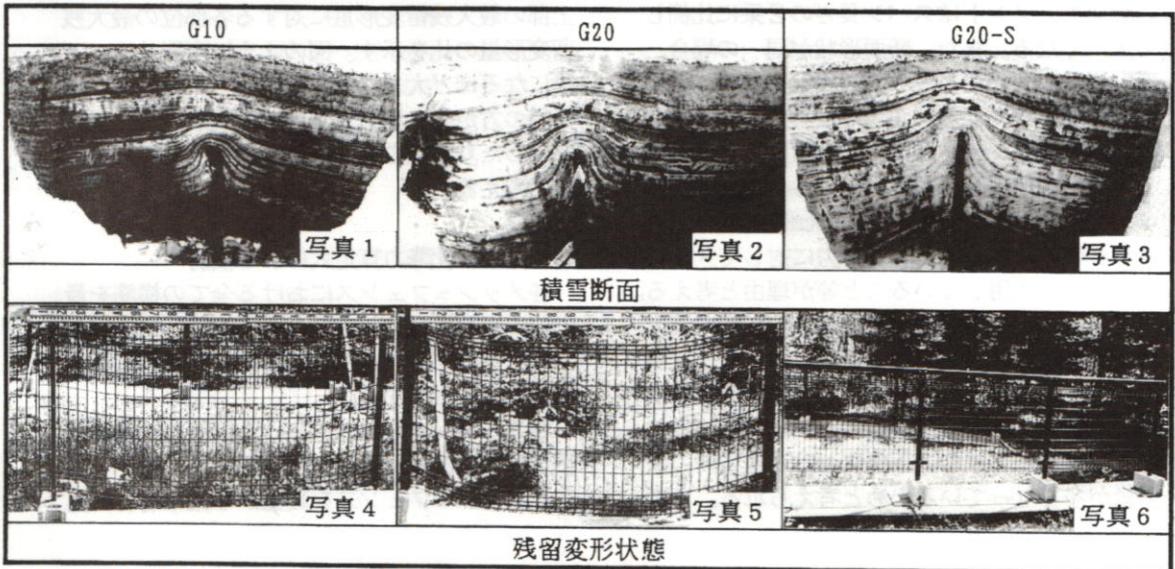


図4 G10における残留変形量  
縦筋No.: 左側支柱からの縦筋の本数を番号にしたもの



降力の影響を図5に示す。図のように、縦筋が受ける沈降力 $b$ は、 $a$ 、 $c$  2つの力に分解され、 $a$ の力が水平方向に作用するためと考えられる。

4-2. G20, G20-Sの残留変形量

G20は、スパン長さ2mについて実験した。この試験体における残留変形量を図6に示す。残留変形量は、等分布荷重のかかる単純梁のモーメント応力分布に近似し、スパン中央部付近で最も大きな値を示す。また、フェンスの上部と下部によって若干異なる。部位による最大残留変形量を見ると、上部で48mm、下部で52.5mmとなる。上下部の最大残留変形量を比較すると、下部の変形量は上部の約1.5倍となる。

G20-Sは、スパン長さ1m、1.5mおよび2mの3種類について実験した。スパン長さ1mおよび1.5mにおいては顕著な残留変形がみられなかった。この試験体は、メッシュフェンス上部に強固な笠木が取付けてあり、フェンス中央部を吊り金具で固定してある。このことが有効に作用したため、他試験体よりも変形量が少ないと考えられる。スパン長さ2mにおける残留変形量を図6に示す。最大残留変形量を見ると、上部で4mm、下部で6mmとなり、笠木の無いG20に比べて変形量が極めて少ない。

4-3. スパン長さおよびメッシュフェンス形状の差異による残留変形量の対比

スパン長さとの関係を見ると、いずれのフェンスにおいてもスパン長さが大きくなるに伴い、残留変形量が大きくなる。一般に、単純梁に等分布荷重が加わる場合、中央部の最大モーメントはスパン長さの2乗に比例して大きくなる。また、断面形状が同一の場合、変形量(中央のたわみ)はスパン長さの4乗に比例して大きくなる。G10の最大残留変形量を見ると、スパン長さ2mの変形量はスパン長さ1mの約3倍程度に留まっている。これは、メッシュフェンスの地上高さが30cm位と低いため変形が妨げられること、変形力に対してメッシュが有効に作用していること等が理由と考える。

フェンス上部の形状が異なるG10とG20の最大残留変形量をスパン長さ2mで対比すると、上部でG10はG20の約1.10倍、下部でG10はG20の1.24倍となり、G20の変形量の方が小さい。これは、G20がG10よりも上下部における横方向の鉄筋量が多くなっているためと考えられる。また、

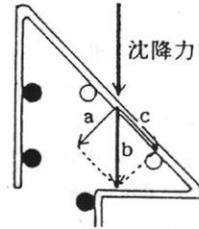


図5 G10の上部における沈降力の影響

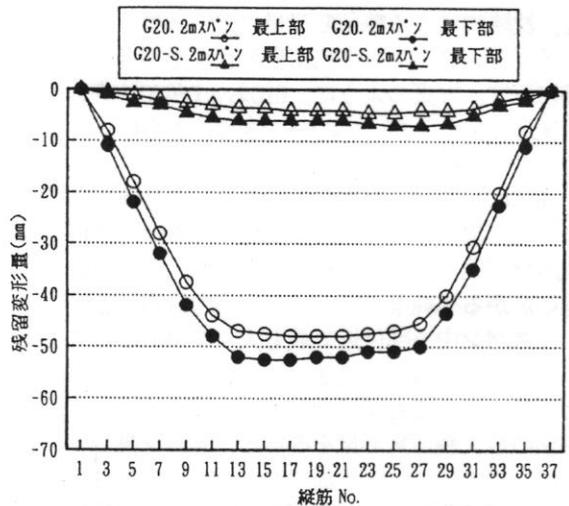


図6 G20, G20-Sにおける残留変形量  
縦筋No.: 左側支柱からの縦筋の本数を番号にしたもの

G10では支柱の変形やジョイント金具の破損がみられることから、これらの強度も残留変形量に影響を与えていると考える。

4-4. 各部位における残留変形比

メッシュフェンスの上部から下部にわたる変形量を測定した結果を図7に示す。変形比は、上部の最大残留変形量に対する各部位の最大残留変形量の比を示す。図のように変形比は、下段になるほど大きくなる傾向を示す。これは、下段の方が雪に埋もれている期間が長く、長期間にわたり沈降力を受けることが主な原因であると考えられる。

5. 従来の沈降力算定式による検討

各メッシュフェンスにおける全ての横筋を最上部の桁と想定し、中俣の沈降力算定式<sup>1)</sup>より、各メッシュフェンスにおける沈降力を算出すると以下ようになる。

各メッシュフェンスにおける横筋の断面積の和を求めるとG10=2.25cm<sup>2</sup>、G20=3.16cm<sup>2</sup>となる。メッシュフェンスを真上から見た場合に見

ることができる横筋を桁幅と考え、図8の様に桁幅および厚さを想定した。なお、桁の地上高さはメッシュフェンス上部地上高さとした。

中俣の沈降力算定式

$$F = (Hw) i \times A \dots (1)$$

ここに、F:沈降力(kg), (Hw)i:一冬の沈降力の最大値(kg/cm<sup>2</sup>), A:加重圏の面積(cm<sup>2</sup>)

気象観測資料によれば、1月15日に積雪深が136cmに達し、桁と想定したメッシュフェンス全てが積雪中に埋没したことになる。沈降力の最大値は、積雪重量が最大に達した時点に出現する。それは、その冬の最大積雪深の期日から5~30日ほど遅れ、2月末から3月上旬頃出現することが多いと言われている。本冬期の最大積雪深日は2月17日で、その値は195 cmであった。その後、積雪深は徐々に減り、最大積雪深から25日後の3月14日に再び190cm位に戻り、その後は徐々に減少してゆく。このことから、積雪重量が最大に達した時点(3月14日)とし、(1)式より各メッシュフェンスの受ける沈降力を算定すると次のようになる。

- G10・1mスパン : F=629(kg) w=6.4(kg/cm)
- G10・2mスパン : F=981(kg) w=4.9(kg/cm)
- G20・1mスパン : F=609(kg) w=6.7(kg/cm)
- G20・1.5mスパン : F=773(kg) w=5.7(kg/cm)
- G20・2mスパン : F=933(kg) w=5.2(kg/cm)

ここで得られた沈降力が等分布荷重として加わる場合を想定して、各メッシュフェンスにおける変形量(中央部たわみ量)を次式にて算出すると次のようになる。

$$\delta = 5w l^4 / 384EI \dots (2)$$

ここに、E:約2.1×10<sup>8</sup>(kg/cm<sup>2</sup>), I:断面二次モーメント(cm<sup>4</sup>)

- G10・1mスパン : δ= 13.0(cm)
- G10・2mスパン : δ=161.0(cm)
- G20・1mスパン : δ= 13.0(cm)
- G20・1.5mスパン : δ= 55.9(cm)
- G20・2mスパン : δ=161.2(cm)

これらのたわみ量は、屋外実験結果に比べて極めて大きな値となる。従って、メッシュ状の構造物が受ける雪の沈降力による変形の検討には、メッシュを一本の桁に想定する考え方では適応しない。以上のようなことから、メッシュ状の構造物に適応できる沈降力の算出方法を検討する必要がある。

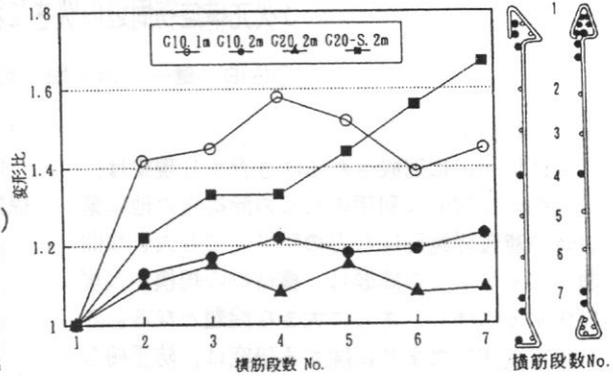


図7 各部位の変形比

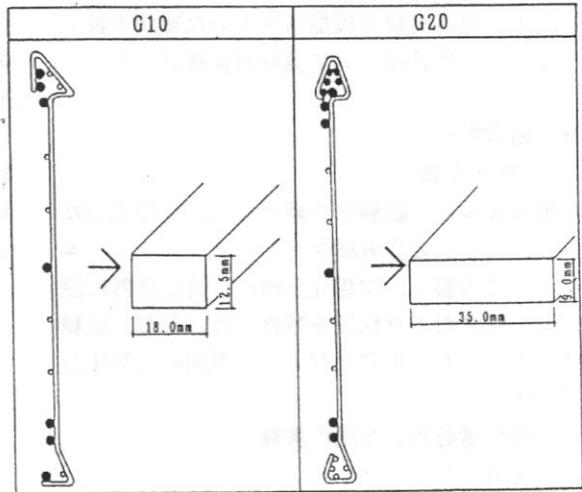


図8 桁幅および厚さの想定概要

## 6. まとめ

積雪地域にメッシュフェンスを冬期間設置し、積雪の沈降力による残留変形を測定した。その結果、沈降力はメッシュフェンス全体に影響を及ぼし、特に地上付近の横筋に著しい影響を与えることが判った。また、メッシュフェンスの上部の形状が変形量および変形形状に大きく関わることが判った。さらに、メッシュ状の構造物が受ける雪の沈降力算定は、単純な桁として取り扱うことはできないことが明らかとなった。従って、メッシュ状の構造物に適応した雪の沈降力の評価方法の確立が必要であると考える。

【参考文献】

1) 日本建設機械化協会編:新編防雪工学ハンドブック, pp34~39, 1988