

# 単純形状をした建築部材への着雪性状に関する実験的研究

## Experimental study on characteristics of snow accretion on simple-shaped members of buildings

千葉隆弘, 苫米地司 (北海道工業大学), 田畑侑一, 大塚清敏 ((株)大林組技術研究所)  
 佐藤研吾, 佐藤威, 望月重人 ((独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター)  
 Takahiro Chiba, Tsukasa Tomabechi, Yuichi Tabata, Kiyotoshi Otsuka,  
 Kengo Sato, Takeshi Sato and Shigeto Mochizuki

### 1. はじめに

吹雪が発生するような積雪寒冷地では、建築物の壁面や部材の一部に着雪が発生し、高所で着雪が発生した場合は、落雪の危険性を考慮して建築物を設計する必要がある。このような吹雪による着雪は、雪の少ない首都圏でも見受けられるようになった。建築物の高層化、外壁デザインの多様化、さらには、省エネを目的としたルーバーの設置などにより、短時間の降雪においても着雪が発生している。このようなことから、設計段階で着雪箇所や落雪の到達範囲を明らかにし、落雪に対する危険性を予測することが肝要である。

筆者らは、円柱部材や平板部材のような単純形状をした部材への着雪性状、およびネットを用いた着雪対策に関して、着雪実験を行ってきた<sup>1), 2)</sup>。これまでの実験では、対象とした部材への着雪性状やネットを用いた対策の有効性が明らかとなった。しかし、着雪を定量的に推定するための手法を構築できる知見が得られるまでには至っていない。このようなことから本研究では、建築部材への着雪性状に関する基礎資料蓄積を目的に、平板部材を基本として吹雪風洞施設を用いた着雪実験を行った。

### 2. 実験方法

本実験で対象とした部材を図-1 に示す。図のように、長さ 800mm の平板部材および円柱部材を用いた。平板部材は、合板に厚さ 3mm のアルミ板を張り付けたものである。円柱部材は、表面に塗装をした鋼管である。実験シリーズを表-1 に示す。表のように、平板部材は、幅  $W$  を 50mm, 100mm, 200mm, 300mm の 4 種類とした。傾斜角  $\theta=0^\circ$  では、いずれの試験体においても、風速 9m/s で実験時間 30 分とした。この場合、着雪重量および着雪深さの計測は、10 分毎に行った。また、平板部材で  $W=100\text{mm}$  では、風速 5m/s で実験時間 30 分としたケースを実施し、 $W=200\text{mm}$  および 300mm においては、風速 5m/s で実験時間 10 分の

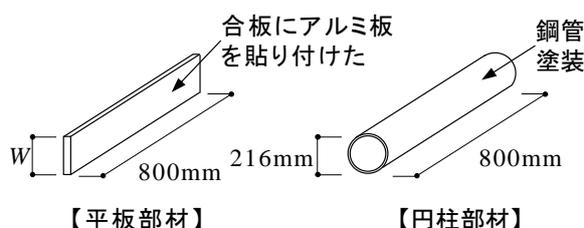


図-1 試験体の概要

表-1 実験シリーズ

部材形状		傾斜角				
		$\theta=0^\circ$	$\theta=15^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
平板	$W=50\text{mm}$	●				
	$W=100\text{mm}$	●▲				
	$W=200\text{mm}$	●△				
	$W=300\text{mm}$	●△	○	○	○	○
円柱	$\phi=216\text{mm}$	●				

●: 風速9m/s, 実験時間30分, 10分毎に着雪重量および深さ計測  
 ▲: 風速5m/s, 実験時間30分, 10分毎に着雪重量および深さ計測  
 ○: 風速9m/s, 実験時間10分, 実験後に着雪重量および深さ計測  
 △: 風速5m/s, 実験時間10分, 実験後に着雪重量および深さ計測

ケースを実施した。傾斜角が異なるシリーズについては、 $W=300\text{mm}$  を対象にするとともに、傾斜角  $\theta=15^\circ$  ,  $30^\circ$  , および  $60^\circ$  に設定し、それぞれ風速  $9\text{m/s}$  , 実験時間  $10$  分として実験を行った。なお、いずれのケースにおいても、実験前にネット式吹雪計を用いて  $1$  分当たりの飛雪流量を試験体中央付近で測定した。これらの飛雪流量の平均値は、風速  $9\text{m/s}$  で  $20.0\text{g/m}^2\cdot\text{s}$  , 風速  $5\text{m/s}$  で  $9.3\text{g/m}^2\cdot\text{s}$  であり、各ケースでの違いは  $\pm 1.0\text{g/m}^2\cdot\text{s}$  程度であった。

本実験は、(独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所が所有する風洞施設を用いて行った。実験方法を図 2 に示す。図のように、実験には樹枝状結晶の人工雪を用い、試験体風上側の風路上面から回転ブラシにより内部に人工雪を供給した。試験体は、風路に供給された雪が風に乗った際に、ほぼ水平方向に挙動するような位置とした。このような条件に従うと、風速  $9\text{m/s}$  の場合は雪の供給箇所から風下側に  $6\text{m}$  , 風速  $5\text{m/s}$  の場合は風下側に  $5\text{m}$  離れた位置となった。実験室内は  $-3^\circ\text{C}$  に設定し、湿雪を再現するために水を風上側から噴霧した。

### 3. 実験結果

傾斜角  $\theta=0^\circ$  の場合における実験時間と累積着雪重量との関係を図-3 に示す。図のように、いずれの試験体においても、時間の経過に伴い着雪重量が比例的に増加し、平板部材では、部材幅  $W$  の増加に伴い着雪重量の増加傾向が顕著となった。次に、部材幅  $W$  と実験時間  $30$  分の着雪重量との関係を図-4 に示す。図のように、平板部材で風速  $9\text{m/s}$  の場合をみると、 $W$  の増加に伴い着雪重量が比例的に増加する明瞭な相関関係が確認できる。部材幅  $W=100\text{mm}$  で風速  $5\text{m/s}$  の場合をみると、風速  $9\text{m/s}$  の場合に比べて着雪重量が若干大きくなる傾向を示し、一方で、円柱部材においては、その直径と近似する  $W=200\text{mm}$  の平板部材と比較すると、着雪重量が小さくなる傾向を示す。このように、着雪重量は、風速および部材の断面形状の影響を受けることがわかる。

次に、平板部材で  $W=100\text{mm}$  の場合における実験時間  $10$  分毎に測定した着雪断面を図-5 に示す。図のように、風速

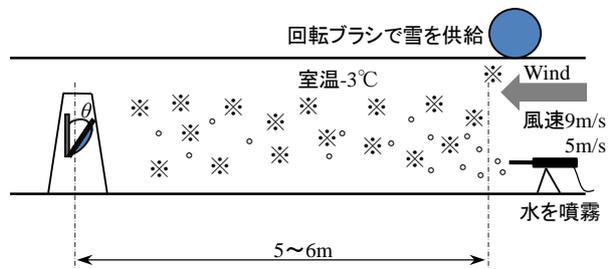


図-2 実験方法

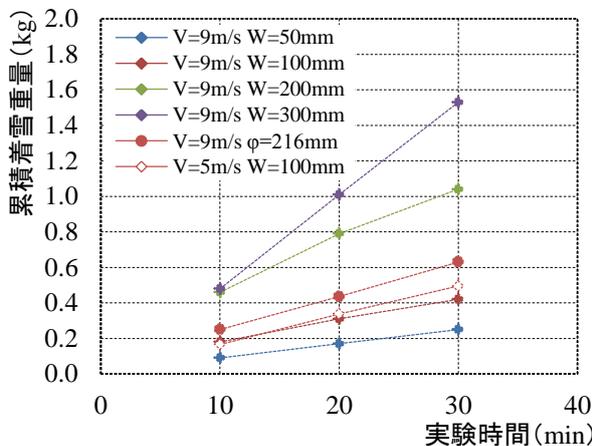


図-3 実験時間と着雪重量との関係

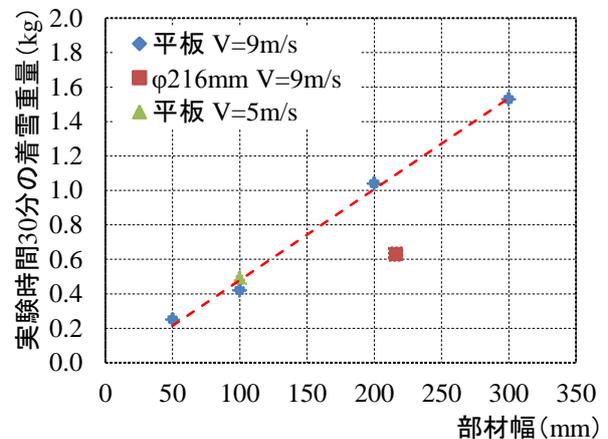


図-4 部材幅と着雪重量との関係

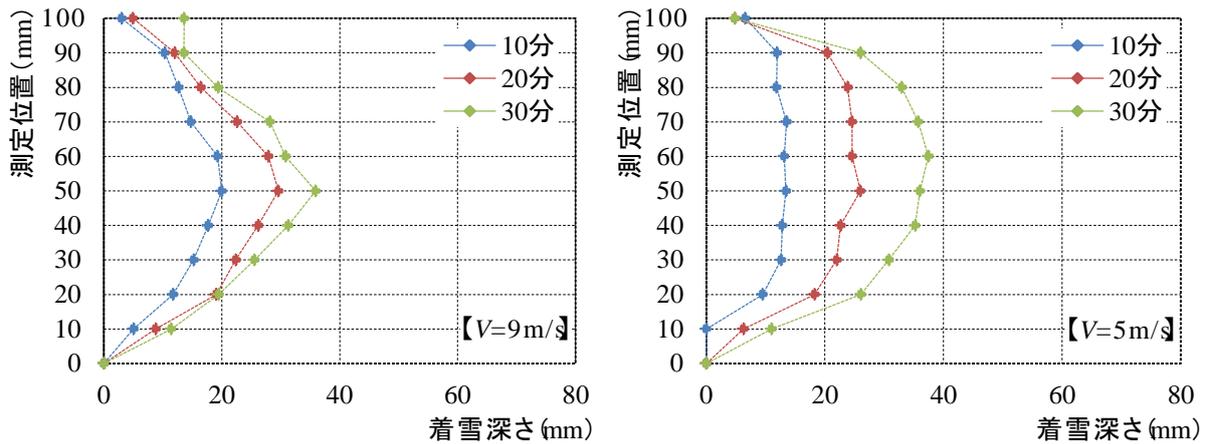


図-5 平板部材における 10 分毎の着雪断面 ( $W=100\text{mm}$ )

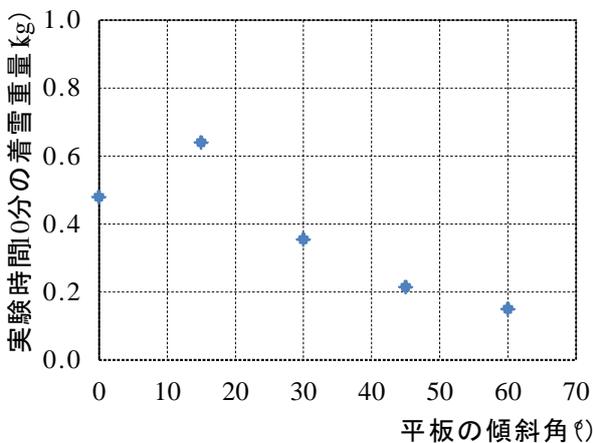


図-6 傾斜角  $\theta$  と着雪重量との関係

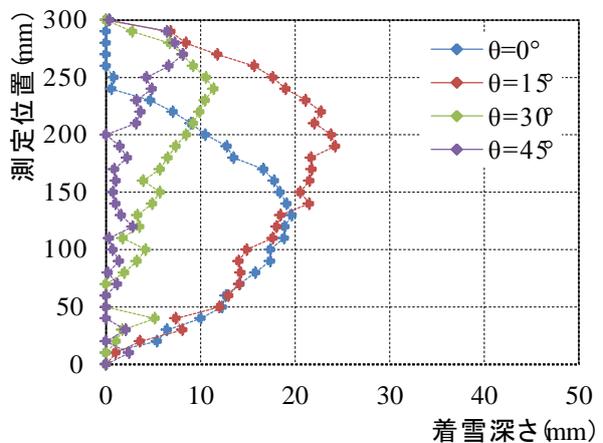


図-7 傾斜角  $\theta$  と着雪断面との関係

9m/s の場合をみると、着雪の断面形状は、明瞭な三角形となっており、10 分当たりの着雪深さは、時間の経過に伴い小さくなる傾向を示す。これに対し、風速 5m/s の場合をみると、着雪の断面形状は、前述に比べて丸みを帯びるようになり、10 分当たりの着雪深さは、一定で推移する傾向を示す。このように、風速の影響は、着雪の断面形状に影響を及ぼす。

$W=300\text{mm}$  における平板の傾斜角  $\theta$  と実験時間 10 分の着雪重量との関係を図-6 に示す。図のように、傾斜角  $\theta$  が  $15^\circ$  の場合は、 $0^\circ$  に比べて着雪重量が大きくなるものの、 $\theta$  の増加に伴い着雪重量が減少している。各傾斜角の着雪断面を図-7 に示す。図のように、傾斜角  $\theta$  の増加に伴い着雪深さのピーク位置が上方へ移行している。

ここで、各実験の前に測定した飛雪流量を用いて試験体に衝突しようとする飛雪流量を算定し、実験時間 10 分の着雪重量を 10 分間の飛雪流量で除した飛雪の捕捉率を求めた。傾斜角  $\theta=0^\circ$  における部材幅  $W$  と飛雪の捕捉率との関係を図-8 に示す。図の

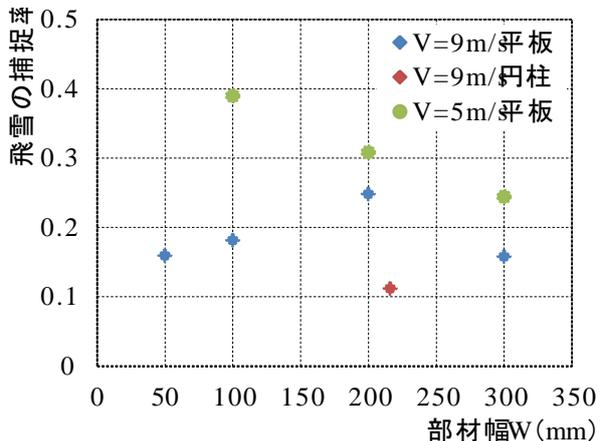


図-8 傾斜角  $\theta$  と着雪断面との関係

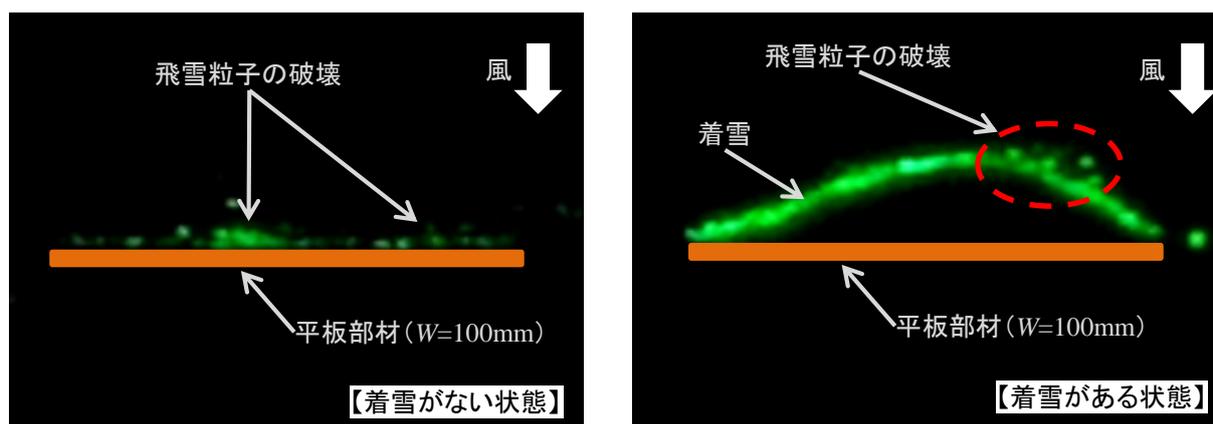


写真-1 部材へ衝突した際の飛雪挙動

ように、風速 9m/s をみると、 $W=200\text{mm}$  までは  $W$  の増加に伴い飛雪の捕捉率が増加する関係がみられるものの、 $W=300\text{mm}$  になると飛雪の捕捉率が減少する傾向に転じている。風速 5m/s の場合をみると、飛雪の捕捉率は、風速 9m/s に比べて大きくなる傾向を示し、部材幅  $W$  の増加に伴い飛雪の捕捉率が減少する傾向を示す。このように、風速が小さいほど部材への着雪率が高く、部材幅が大きいほど着雪率が低い傾向を示している。

#### 4. 着雪状況の屋外観測

本研究では、飛雪粒子が部材へ衝突した際の挙動を屋外観測により撮影した。観測は札幌市手稲区で行い、試験体は平板部材とし、部材幅  $W$  は 100mm とした。飛雪粒子の挙動は、試験体にレーザースクリーンを照射し、デジタルカメラのハイスピード撮影モード (1/1200 秒) により撮影した。試験体への着雪がない状態とある状態で撮影した飛雪粒子の挙動の一例を写真-1 に示す。なお、撮影時の平均風速は約 3.0m/s であった。図のように、いずれの状態においても飛雪が衝突した際には、飛雪粒子の破壊が生じており、破壊された飛雪は部材の風下側へ搬送されていることがわかった。すなわち、部材への着雪量を推定するためには、飛雪粒子の着雪率を考慮する必要があり、飛雪の衝突速度と着雪率との関係が重要になると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では、建築部材への着雪性状に関する基礎資料蓄積を目的に、平板部材を基本として吹雪風洞施設を用いた着雪実験および着雪の屋外観測を行った。その結果、着雪実験では、部材への着雪性状が風速および部材形状の影響を受けることが明らかとなった。屋外観測では、飛雪が部材に衝突した際に飛雪の破壊が発生していることを観測し、着雪量を推定するためには飛雪の衝突速度と着雪率との関係が重要になることが明らかとなった。

##### 【参考文献】

- 1) 苫米地司, 千葉隆弘, 佐藤威, 堤拓哉, 高橋徹, 伊東敏幸, 2011: 構造部材への着雪性状に関する基礎的研究 屋外観測と風洞実験による部材形状と着雪性状との関係について, *日本建築学会構造系論文集*, Vol176, No.659, 45-52.
- 2) 千葉隆弘, 苫米地司, 佐藤威, 望月重人, 2011: 構造部材における着雪性状に関する研究, *北海道の雪氷*, No.30, 31-34.