

構造部材の着雪性状に関する基礎的研究 —柱部材を対象とした着雪の屋外観測—

Study on conditions of snow accretion for structural members —Field observation for members which have circle and square section—

佐藤雄輝, 千葉隆弘, 苔米地司 (北海道科学大学)

大塚清敏, 田畑侑一 (株式会社大林組技術研究所)

SATO Yuki, CHIBA Takahiro, TOMABECHI Tsukasa,

OTSUKA Kiyotoshi and TABATA Yuichi

1. はじめに

近年、建物の高層化、大規模化、デザインの多様化に伴い、壁面の凹凸部や鉄塔状の構造物に着雪する事例が増えている。高層建築物の場合、着雪が塊となって地上へ落下することにより、人的・物的被害が発生している例も少なくない。このような事例は、多雪地域のみならず、雪の少ない関東地方においても確認されており、これらの地域の建築物においても降積雪に対する備えの重要性が指摘されつつある。

着雪に関する既往の研究をみると、道路標識の傾斜角度での着雪制御や¹⁾、着雪面の表面粗さ及び撥水性・親水性など、形状や材料の視点からの研究が進められている²⁾。

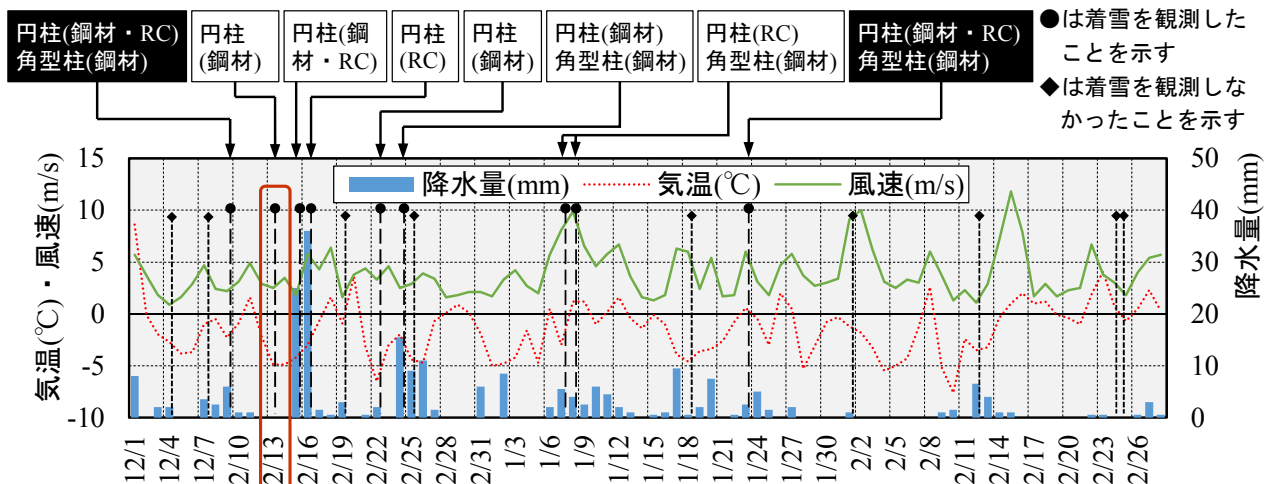
しかし、着雪発生条件、着雪量などの着雪性状に関する技術資料の蓄積は少なく、十分な対策を行えていない。このようなことから本研究では、構造部材の着雪性状と気象特性との関係を把握することを目的に着雪の屋外観測を行い、着雪が発達する気象条件を検討した。

表1 観測の対象とした構造部材

円柱 (鋼材)	円柱 (RC)	角柱 (鋼材)
		
$\phi=138.8\text{mm}$	$\phi=257\text{mm}$	200mm
		

2. 観測方法

本研究で対象とした構造部材を表1に示す。表のように、観測の対象とした構造部材は、



北海道札幌市手稲区の北海道科学大学構内にある円柱（鋼材）、円柱（RC）、および角柱（鋼材）の3種類である。これらの部材は、冬期の主風向となる西北西から北北西側にかけて30m以上開けた場所にある。各構造物の表面は、円柱（鋼材）が塗装仕上げ、円柱（RC）は素地、角柱（鋼材）は溶融亜鉛メッキである。観測は、2014年12月～2015年2月のうち、降雪が開始した時間から翌日の7:00～8:00の間に行った。本観測では、各部材の着雪状況を写真撮影するとともに、Autodesk製の123D Catchを用いて着雪表面の3Dメッシュをモデル化し、そのメッシュから着雪深さを測定した。また、着雪時の含水率を河島ら¹⁾の熱量式による方法にもとづいて測定した。観測期間中の気象特性は、最寄りの気象観測地点である山口アメダスの観測データを用いて分析した。なお、山口アメダスでは積雪の観測を行っていないため、降水量のデータを用いて降雪状況を判断した。

3. 観測結果

3. 1 着雪状況の観測結果

図1に、観測期間中の日平均気温、日降水量、および日平均風速を示すとともに、着雪を観測した日を示す。図のように、本研究では18回の観測を実施し、そのうち9回の着雪を確認した。なお、この9回は、3種類の部材のいずれかが着雪した場合である。また、2014年12月13日の降水量が0mmとなっているものの、積雪の観測を行っている札幌管区気象台では3cmの降雪量を記録していた。このことから、この日においては山口アメダスにおいても同様の降雪があったとした。ここで、着雪時の気象条件をみると、平均風速が2m/s以上の時において着雪が発生し、降水量が10mm以上で着雪が発生しやすい傾向にある。図2に、観測時の平均風速と平均気温との関係を示す。なお、図中の平均気温、降水量、および平均風速は、その日の降雪が始まった時間から観測を行った時間までの平均値および合計値としている。図のように、観測時における平均風速の増加に伴い平均気温が上昇する関係を示し、平均気温が0℃以上で着雪が発生しやすい傾向がある。ここで、着雪の有無ごとに平均気温と含水率との関係を示すと図3となる。図のように、平均気温の上昇とともに含水率が増加する関係を示している。次に、平均風速と降水量との関係を図4に示す。図のように、両者に明瞭な相関関係がみられないものの、降水量が10mm以上になると着雪が発生し易くなり、風速が小

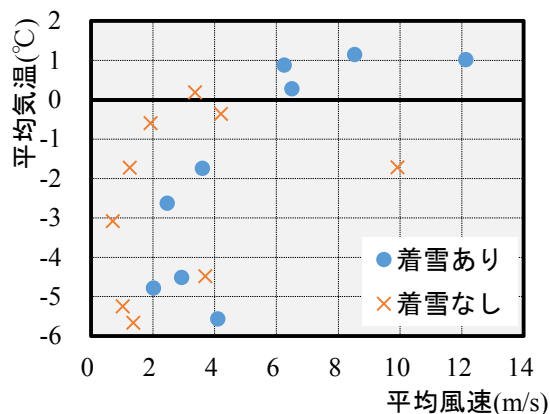


図2 観測時の風速と気温の関係

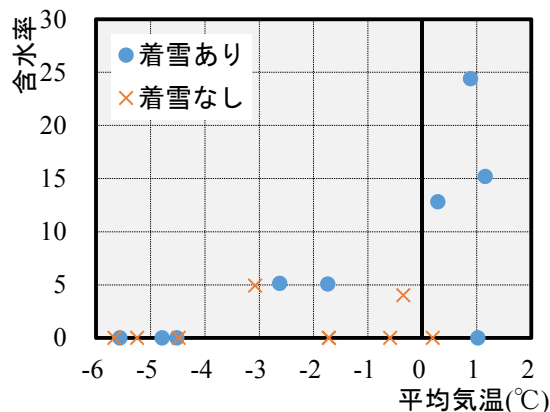


図3 平均気温と含水率の関係

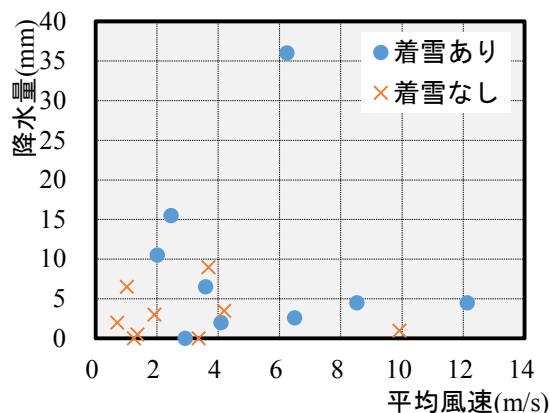


図4 平均気温と含水率の関係

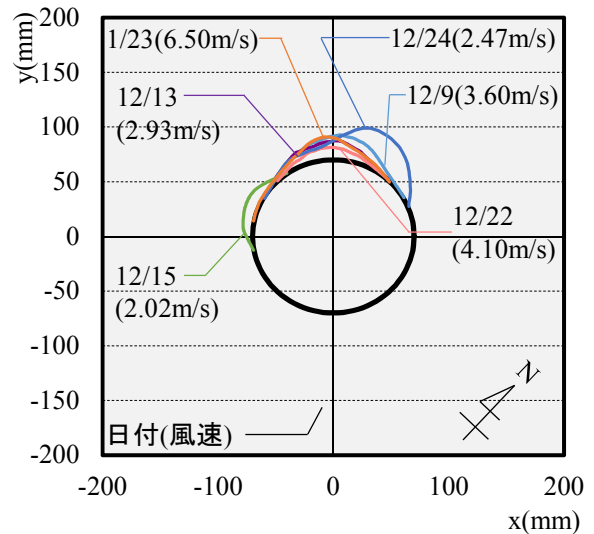
さくても降水量が多い場合は、着雪が発生している。以上の結果をみると、含水率が大きいほど着雪し易く、気温に加えて降水量の影響も大きいことがわかる。

3. 2 着雪量と気象特性の関係

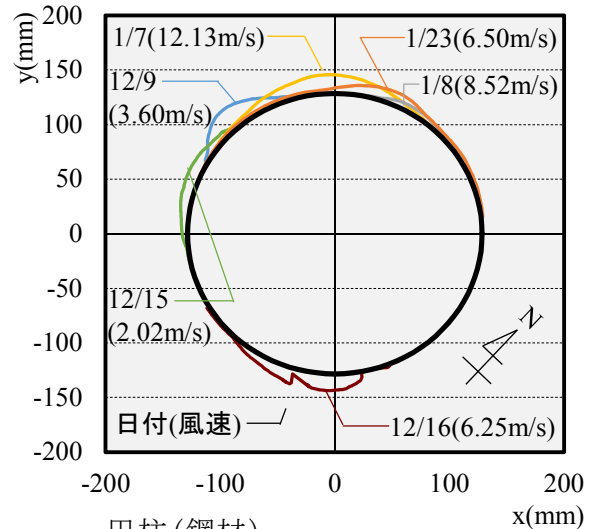
図 5 に、123D Catch でモデル化された 3D メッシュで測定した各部材の着雪断面形状を示す。なお、図中の Y 軸は冬期間の主風向である北西-南東軸とした。また、各断面に着雪日を示すとともに、その日の平均風速を括弧書きで示した。図のように、円柱（鋼材）をみると、いずれの着雪日においても丸みを帯びた三角形の断面形状を成しているものの、その着雪深さは観測日ごとに異なっている。円柱（RC）の場合をみると、着雪の断面形状は円柱（鋼材）と同様の形状を示すものの、部材幅が量円柱（鋼材）に比べて大きいため、着雪深さが小さい傾向を示す。円柱（鋼材）の着雪が観測された日の風速を見てみると、5m/s を下回る日が多く、着雪日の平均風速は 3.60m/s となっている。これに対し、円柱（RC）の場合をみると、風速が 6m/s を上回る日が多く、着雪日の平均風速は 6.50m/s と円柱（鋼材）よりも大きい。これは、着雪対象物が小さい場合、雪粒子が衝突する際の速度が大きく、着雪面で雪粒子が砕かれるため、着雪日の平均風速が小さくなったと推測される。これに対し、着雪対象物が大きい場合は、着雪面近傍の淀み領域が大きくなり、雪粒子が着雪面に到達するにはそれなりの速度が必要であることを示唆している。一方、角柱（鋼材）の場合をみると、着雪深さは風向に大きく依存している様子がわかる。

図 6 に、着雪日の気象条件と着雪深さとの関係を示す。なお、着雪深さは、着雪形状の頂点から部材着雪面までの最大値とした。含水率と着雪深さとの関係をみると、鋼材柱の 1 月 23 日を除けば、いずれの部材においても、概ね含水率の増加にともない着雪深さが増加する関係を示す。降水量と着雪深さとの関係をみると、円柱（鋼材）および円柱（RC）の場合は、降水量の増加に伴い着雪深さが増加する傾向を示す。こ

円柱 (RC) : 各着雪日の平均風速 : 3. 6m/s



角柱 (鋼材) : 各着雪日の平均風速 6. 5m/s



円柱 (鋼材)

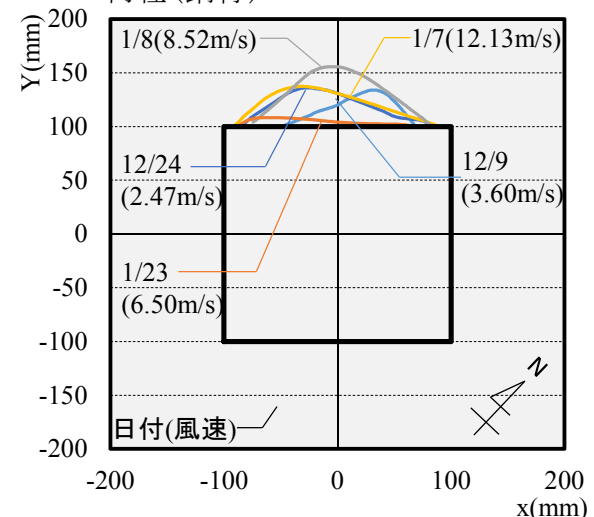


図 5 各構造物の着雪断面形状

れに対し、角柱（鋼材）の場合をみると、明瞭な相関関係がみられない。これは、着雪深さが風向に依存しているためであると考えられる。次に、平均風速と着雪深さとの関係をみると、円柱（鋼材）の場合は、平均風速の上昇とともに着雪深さが減少する傾向にある。また、平均風速が 6m/s 以上では着雪が発生していないのが確認できる。そのほかの部材においては、平均風速と着雪深さに明瞭な関係がみられなかった。以上の結果から、角柱（鋼材）などの着雪面が平らな部材では風向の影響が大きいと考えられ、円柱部材においては、含水率および降水量が着雪量に及ぼす影響が大きい。すなわち、気温が高く湿った雪であるほど、さらには、飛雪の空間濃度が高くなるまとまった降雪であるほど着雪量が増加すると言える。

4. まとめ

本研究では、構造部材の着雪性状と気象特性との関係を把握することを目的に、柱部材を対象とした着雪の屋外観測を行い、着雪が発達する気象条件を検討した。その結果、着雪の発生条件は、気温または含水率と降水量の影響が大きい傾向をしめす。また、同じ部材形状でも大きさが違う場合、着雪の有無は風速が影響する可能性がある。さらに、着雪量は、部材形状により影響する気象条件に違いがみられた。円形部材においては、気温または含水率および降水量が大きく影響を及ぼし、気温が高く湿った雪であるほど、さらには、飛雪の空間濃度が高くなるようなまとまった降雪であるほど着雪量が増加することが明らかとなった。角形部材などの着雪面が平らな場合は、風向に依存する可能性があることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 竹内政夫, 1975: 道路標識への着雪とその防止, 雪氷, **40 巻**, 3 号, pp.15-25
- 2) 吉田光則, 他 9 名, 1993: 着雪氷防止技術に関する研究(1)ー各種材料の着氷力についてー, 北海道の雪氷, **第 12 号**, pp.24-26
- 3) 河島克久, 遠藤徹, 竹内由香里, 1996: 熱量式による簡易積雪含水率計の試作, 防災科学技術研究所研究報告, **第 57 号**, pp.71-75

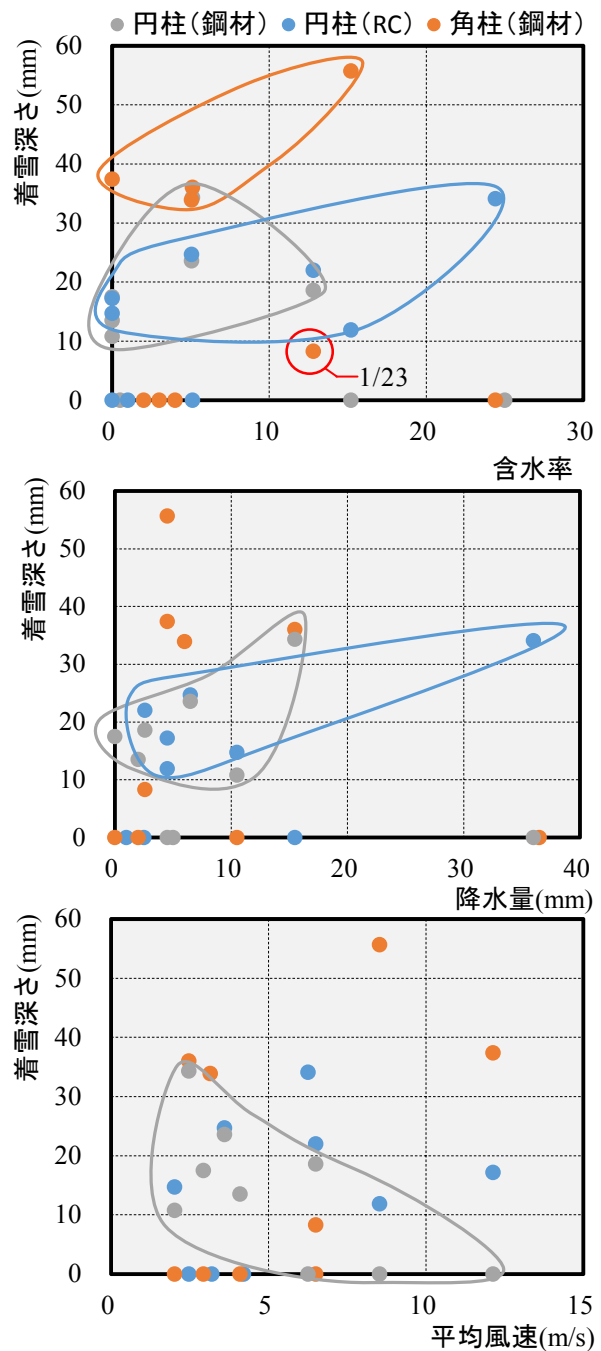


図 6 各気象条件と着雪深さの関係