

屋根上積雪荷重の特異性

前 田 博 司^{*1} ・ 石 川 浩一郎^{*2} ・ 天 野 正 治^{*3}
鈴 木 有^{*4} ・ 後 藤 正 美^{*5} ・ 秦 正 徳^{*6}

Peculiarity of Snow Load on roofs

Hiroshi Maeda, Koichiro Ishikawa, Masaharu Amano,
Tamotsu Suzuki, Masami Gotou and Masanori Hata

The snow depth distribution on roofs is investigated by means of wind tunnel experiment using sham snow. And, the results are compared with the results of survey of snow on roofs of actual buildings. Followings are found by discussion:

- (1) Snow distribution on roofs is affected by wind in the comparative warm area like Fukui Pref. when the wind is strong.
- (2) Snow distribution on the flat roof agrees with the result of wind tunnel experiment.
- (3) Snow on the windward side of the sloped roof is more than the leeward side different from the result of wind tunnel experiment.

1. はじめに

建築物に作用する積雪荷重は、側圧等を除き、屋根上に堆積した雪の重量によるものであるが、固定荷重や積載荷重とは異なる特異性をもつ。これは、降積雪が自然現象であり、人為的なコントロールが難しいからである。そのため、大雪のたびに少なからぬ被害を生じており、構造別では木造の被害が最も多い。この積雪荷重の特異性は、環境と屋根の形状によるものであり、それによって構造への作用に差異が生じると考えられる。

建築物のおかれている環境は、巨視的には気候であり、地域性である。また、微視的には周囲の地形や地物の状況である。これによって、雪の降り方と積もり方、変化のようすが大きく異なる。また、屋根の形状によっても積もり方が異なり、滑動があれば、それによっても積雪状況が変わる。

特定の形状の屋根上での積雪の分布のしかたについては、実測された資料が乏しいために、模型雪を用いた風洞実験によって確かめることが多い。しかし、風洞実験が実際の積雪状況をどれだけ再現できるかということは、必ずしも明らかでない。

本研究は、この点に注目し、模型雪を用いた風洞実験を行い、その結果を実在建築物の屋根上積雪の実測結果と比較し、屋根上積雪荷重の特異性を検討したものである。

*1 建設工学科建築学専攻 *2 福井大学工学部 *3 石川工業高等専門学校名誉教授

*4 秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所 *5 金沢工業大学工学部 *6 高岡短期大学

2. 風洞実験の結果

筆者らが行った模型雪を用いた風洞実験結果は次の通りである。

2-1 実験方法

実験に用いた模型雪は活性白土で、建物模型は縮尺を約 1/100 と考え、幅 30 mm ・奥行 60mm ・軒高 30mm として、バルサ材で作成した。建物模型の種類は、陸屋根（パラペット高 3mm 有・無）・切妻屋根（勾配 15° ・ 30° ）の 4 種類である。屋根面には模型雪が堆積しやすいようにサンドペーパー 400 番を貼り付けた。

風洞は、石川工業高等専門学校の垂直単路回流式風洞装置（測定部：長さ 5m ・ 0.8×0.8m の正方形断面）を使用し、模型雪は、図 1 のように、プロアによって 1.5cc/秒を 2 時間風洞内に送り込んだ。建物模型は模型雪吹き出し口から 2.5m の位置に置いた。

相似性については、遠藤・苫米地（1983）の検討に従えば、模型雪（活性白土）および縮尺 1/100 の建物模型に対し、風洞内風速を 1m/秒および 2m/秒としたとき、実風速はそれぞれ 4.6 m/秒および 9.2m/秒に相当する。

模型雪の堆積深さは、ミシン油を塗ったピンを垂直にさし、模型雪が付着した長さをスケールで計測した。

2-2 結果および考察

建物模型屋根上の模型雪の堆積状況を図 2～図 4 に示す。

(1) 無風（プロアのみ）

陸屋根（パラペット有・無）・切妻屋根（勾配 15° ・ 30° ）のいずれも、ほぼ均等に積もった。各屋根上の堆積量は地上の堆積量（3mm）と同程度であった。したがって、無風時の屋根上積雪は、屋根形状によらず、地上と同様に均等に積もると考えられる。

(2) 風洞内風速 1m/秒

陸屋根（パラペット無）では、風上側から風下側に向かって徐々に堆積量が増加するが、最大でも 2.5mm で、地上（3mm）より少ない。

陸屋根（パラペット有）では、風上側パラペットの後ろから中央付近までは堆積量は少なく、その後は急激に増加して風下側パラペットと同じ高さ（3mm）まで達した。

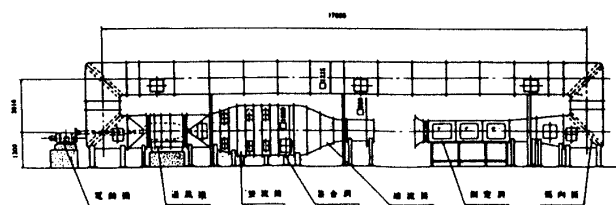
切妻屋根（勾配 15° ）では、風上側の軒先から棟へ向かって堆積量は徐々に増加し、棟より少し風下側で最大（約 3.5mm）となり、それより下では風下側の軒先近くまで地上と同程度（3mm）でほぼ均等に積もった。

一方、切妻屋根（勾配 30° ）では、逆に、風上側で地上と同程度（3mm）の堆積量であって、風下側では少ない（2mm 前後）。

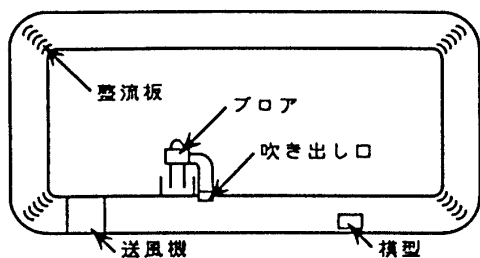
この結果から、屋根上積雪は風の影響を受けやすく、陸屋根ではパラペットの有無、切妻屋根では勾配によって、分布が大きく異なることが明らかとなった。

(3) 風洞内風速 2m/秒

陸屋根（パラペット有・無）・切妻屋根（勾配 15° ・ 30° ）のいずれも、模型雪は風に飛



風洞立面図

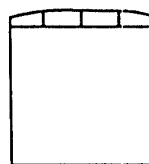


実験概要

図1 風洞実験装置

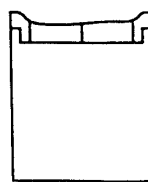
風向⇒

5mm[



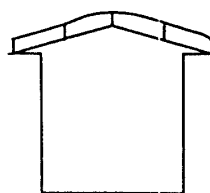
陸屋根（パラペット無）

5mm[



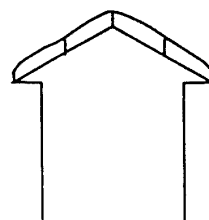
陸屋根（パラペット有）

5mm[



切妻屋根（勾配15°）

5mm[

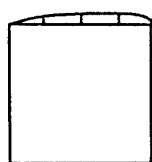


切妻屋根（勾配30°）

図2 無風（フロアのみ）

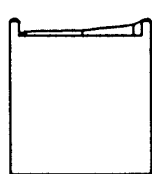
風向⇒

5mm[



陸屋根（パラペット無）

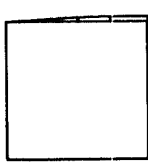
5mm[



陸屋根（パラペット有）

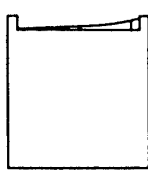
風向⇒

5mm[



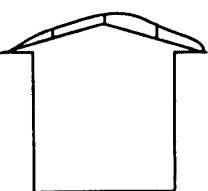
陸屋根（パラペット無）

5mm[



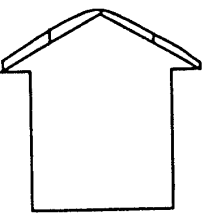
陸屋根（パラペット有）

5mm[



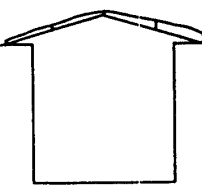
切妻屋根（勾配15°）

5mm[



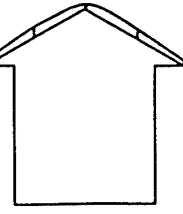
切妻屋根（勾配30°）

5mm[



切妻屋根（勾配15°）

5mm[



切妻屋根（勾配30°）

図3 風洞内風速1m/秒

図4 風洞内風速2m/秒

ばされ、屋根上の堆積量は少ない。しかし、堆積量の分布は風洞内風速 1m/秒のときと同様の傾向が見られた。すなわち、陸屋根（バラベット無）は風上側から風下側に向かって徐々に堆積量が増加しており、陸屋根（バラベット有）は中央付近から風下側バラベットまで急激に増加してバラベットの高さ近くまで達している。また、切妻屋根（勾配 15°）は風上側で少なく風下側で多いが、切妻屋根（勾配 30°）はその逆である。ただし、切妻屋根（勾配 15°）の堆積量が最大になる位置は、棟のすぐ後ろではなく、軒先に近いところであった。

3. 実在建築物の屋根上積雪深

実在建築物の屋根上積雪深を実測した結果を図5～図10に示す。

3-1 気象状況と降積雪

実測を行ったのは、昭和 60 年 12 月 18 日～19 日であるが、これは、この 2～3 日前からまとまった降雪があり、屋根上積雪が増加したが、まだほとんどの家で雪おろしをしていなかったからである。この時期の福井の気象状況は表1の通りである。積雪のほとんどは 12 月 15 日と 17 日の降雪によるもので、両日とも北～西からのかなり強い風が吹いていた。そのため、屋根上積雪はやや偏在する形となって堆積した。勝山でも同様に降雪があったが、福井のような強風ではなかった。

3-2 屋根上積雪荷重の実測値と風洞実験結果との比較

(1) 屋根面全体の平均積雪深

屋根面全体の平均積雪深は福井ではN邸を除いて地上積雪深より少ないが、勝山では地上とほぼ同じである。福井でも屋根上積雪が比較的多いN邸やF邸は市街地で周囲に建物等が多い場所にあることと併せて、風の影響が少ないときは地上と同程度の積雪があると考えられる。一方、風の影響を受けやすい場所にあるA邸やS邸では、屋根上積雪深は地上積雪深より少なく、この時期の風（平均風速 3.5～3.6m、最大風速 9.0～9.5m）で 74～78%である。一般に、福井県のような比較的温暖な地方では、屋根上積雪の分布に及ぼす風の影響は小さいと考えられているが、降雪時に強風を伴う場合は、風の影響を無視することができないことがわかる。

表 1 福井の気象状況

日	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	平均風速 (m/s)	最多 風向	最大10 分間風速 (m/s)(風向)	降雪深 (cm)	積雪深 (cm)
14	4.2	6.0	2.4	3.7	SSE	10.0 (w)	0	10
15	0.3	4.5	-1.3	3.6	N	9.0 (WNW)	30	34
16	-0.1	2.5	-3.3	2.3	S	8.7 (SSW)	7	35
17	-0.3	1.8	-1.2	3.5	NNW	9.5 (NNW)	55	73
18	0.8	2.5	-0.5	2.7	SSW	6.2 (NNW)	3	68
19	2.4	4.9	-0.1	2.9	SSW	5.5 (SW)	1	59
20	2.1	3.9	0.6	2.7	N	5.2 (N)	2	48

A 邸（福井市）

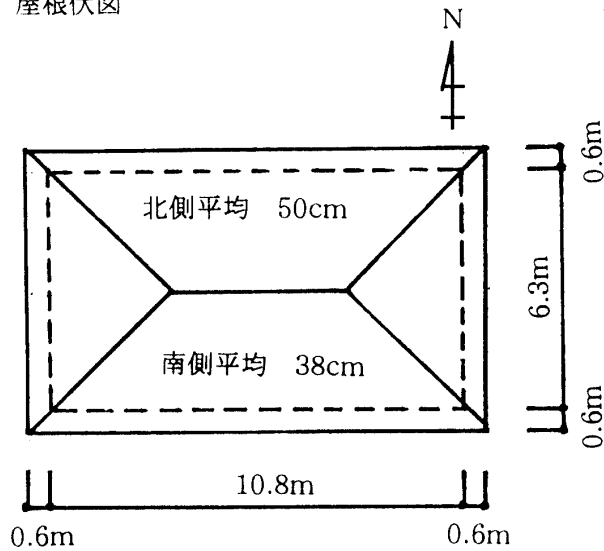
平屋建寄棟コロニアル葺 2 寸勾配（雪止め有）

日時：昭和60年12月18日10時30分

付近の地上積雪深：60cm

屋根上平均積雪深：47cm

屋根伏図



屋根上積雪状況

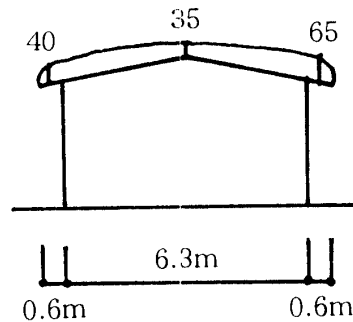


図 5. 屋根上積雪深の実測結果 1

S 邸（福井市）

2 階建切妻瓦葺 4 寸 5 分勾配（雪止め有）

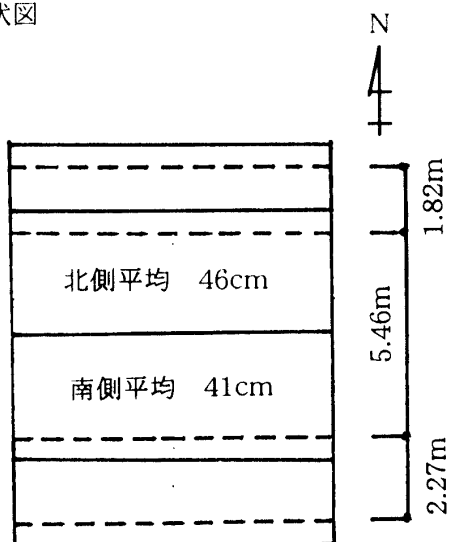
下屋金属板葺 3 寸勾配（雪止め有）

日時：昭和60年12月18日13時30分

付近の地上積雪深：58cm

屋根上平均積雪深：43cm

屋根伏図



屋根上積雪状況

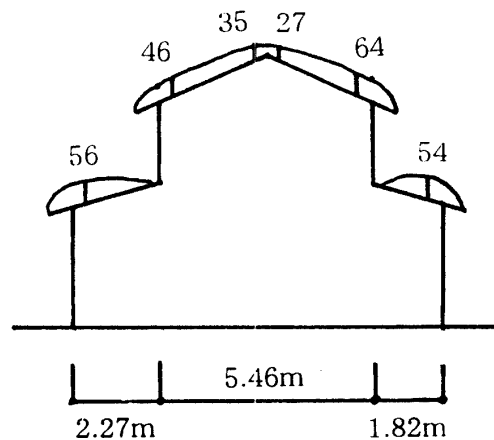


図 6. 屋根上積雪深の実測結果 2

N邸（福井市）

2階建切妻瓦葺 4寸5分勾配（雪止め有）
下屋切妻瓦葺 4寸5分勾配（雪止め有）

日時：昭和60年12月19日10時00分

付近の地上積雪深：59cm

屋根上平均積雪深：69cm

屋根伏図

屋根上積雪状況

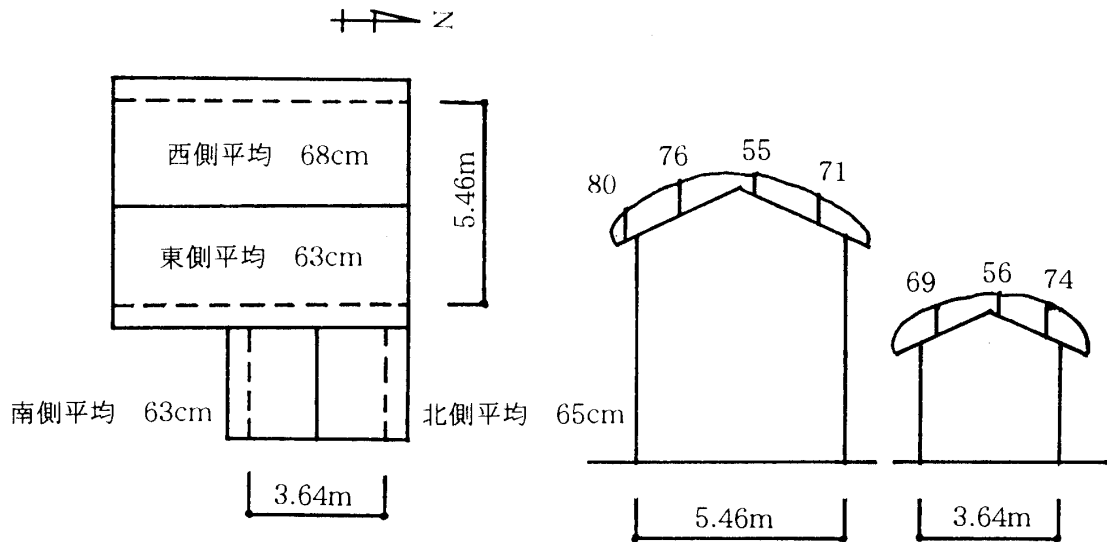


図7. 屋根上積雪深の実測結果3

F邸（福井市）

2階建陸屋根金属板葺
下屋陸屋根金属板葺 車庫陸屋根金属板葺

日時：昭和60年12月19日11時00分

付近の地上積雪深：59cm

屋根上平均積雪深：61cm

屋根伏図

屋根上積雪状況

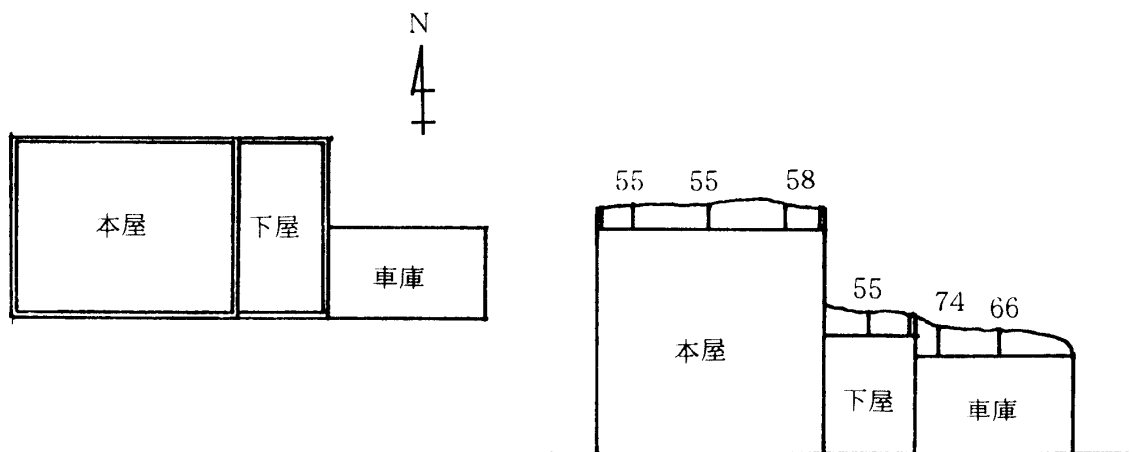


図8. 屋根上積雪深の実測結果4

屋根上積雪荷重の特異性

Ｔ邸（勝山市）

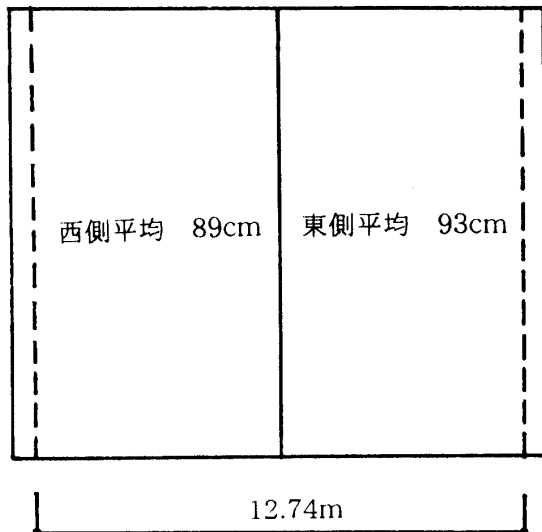
２階建切妻金属板葺 ４寸勾配（雪止め有）

日時：昭和60年12月19日14時30分

付近の地上積雪深：85cm

屋根上平均積雪深：87cm

屋根伏図



屋根上積雪状況

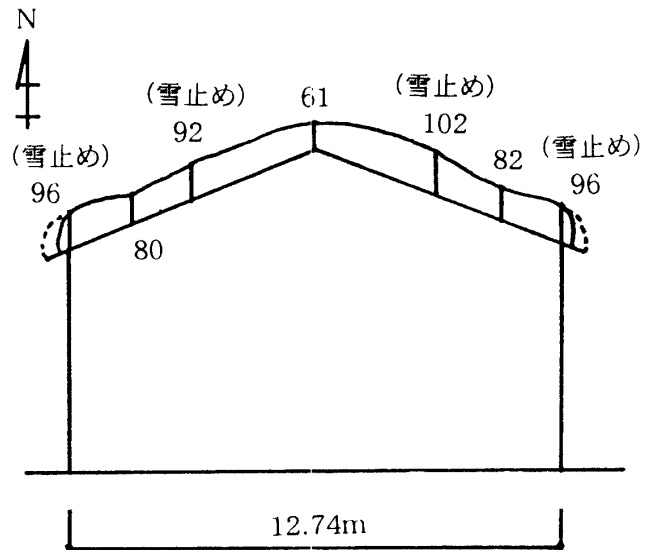


図 9. 屋根上積雪深の実測結果 5

Ｕ邸（勝山市）

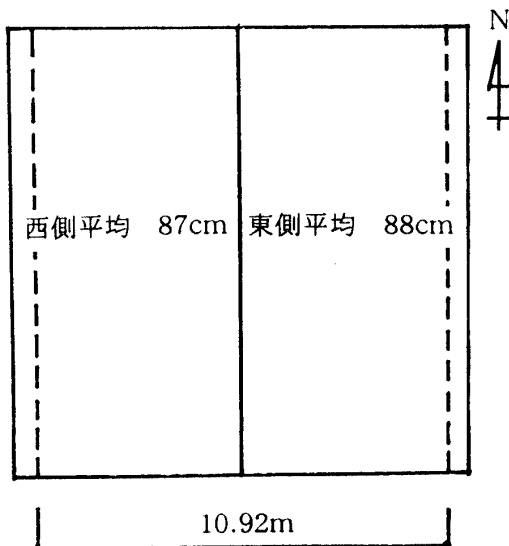
２階建切妻金属板葺 ２寸勾配（雪止め有）

日時：昭和60年12月19日15時00分

付近の地上積雪深：85cm

屋根上平均積雪深：85cm

屋根伏図



屋根上積雪状況

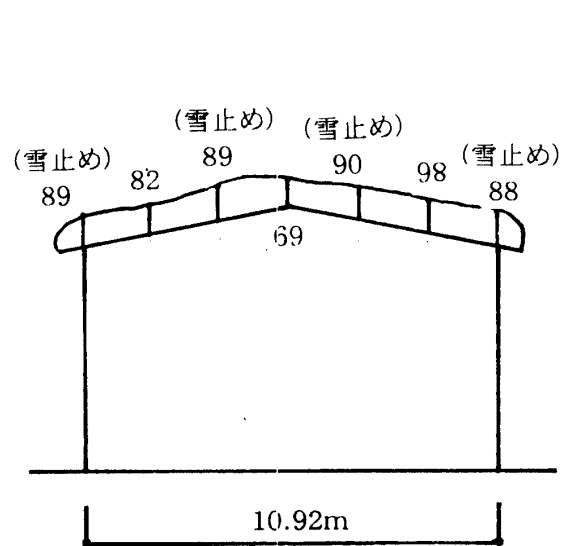


図10. 屋根上積雪深の実測結果 6

(2) 風上側と風下側の比較

多量の降雪があった12月15日の最多風向はN・最大風速時の風向はWNW、12月17日の最多風向はNNW・最大風速時の風向もNNWであったので、降雪時の風向は北～西北西であったと考えられる。そこで、A邸・S邸・N邸下屋は北側が風上、N邸本屋・T邸・U邸は西側を風上と考える。

風上側と風下側の屋根の平均積雪深を比較すると、いずれも風上側の方が多い。特に、風の影響を受けやすいA邸やS邸でその傾向が顕著である。風洞実験の結果では、緩勾配では風下側が多く、急勾配では風上側が多いという結果であったが、実際の屋根では勾配に関わらず、風上側が多い。

(3) 各屋根面での分布

勾配のある屋根では、いずれも棟より軒の方が多い。この傾向は、一般にもよく知られていることであり、風洞実験の結果でも見られた。ただし、雪止めが屋根面の中間にある場合は、雪止めの位置で増加する。これは風の影響によるものではなく、屋根面で積雪が滑動するためであると考えられる。

陸屋根(F邸)では、風上から風下に行くにしたがって徐々に増加するが、これは風洞実験の結果と一致している。また、車庫の屋根では、下屋側の壁面のところで吹き溜りになっているが、これもセットバックのような2段屋根での現象としてよく知られている。

4. むすび

屋根上の積雪状況について、風洞実験の結果と実在の建築物での実測値を比較検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 福井県のように比較的温暖な地方でも、降雪時に強風を伴えば、屋根上の積雪は風の影響を受けて、不等分布する。ただし、屋根上での積雪の滑動の影響も大きい。
- (2) 陸屋根での積雪の分布は、よく知られているように風上から風下に向かって徐々に増加する傾向があり、風洞実験の結果とよく一致した。
- (3) 勾配のある屋根では、勾配に関わらず、風上側で多く風下側で少ないという傾向が見られ、風洞実験の結果とは必ずしも一致しない。

なお、この研究は平成9年度～平成10年度文部省科学研究費補助金による研究の一部として実施されたものである。また、実在建築物の屋根上積雪状況は、協同組合福井県建築設計監理協会の実測によるものであり、協力および資料提供いただいた関係諸氏に篤く謝意を表する。

《文献》

- 遠藤明久・苫米地司, 1983: 模型雪による屋上積雪形状の風洞実験. 北海道工業大学研究紀要, 第11号, 163-178.
前田博司・石川浩一郎・天野正治・鈴木有・後藤正美・秦正徳, 1998: 模型雪を用いた屋根上積雪の風洞実験.
福井雪害対策研究会論文報告集, 第5号, 22-24.

(平成10年12月7日受理)