振動による屋根雪滑動と構造体との動的相互作用に関する基礎的研究 その2 屋根雪滑動時における構造体の応答性状

〇宗像真木彦(北海道工業大学院),千葉隆弘(北海道工業大学), 苫米地司(北海道工業大学),高橋徹(千葉大学大学院工学研究科)

1. はじめに

前報その1では、北海道や青森県で多くみられる無落雪屋根における屋根雪の動的挙動が 木造住宅の振動特性に及ぼす影響を検討するため、基礎的な振動実験を行った。振動実験 では、凍着やはぜによって屋根雪が部分的に固定される場合を想定し、屋根雪の固定辺や はぜの間隔が屋根雪の破断モードに大きく影響することが明らかとなった。さらに、その 破断モードの違いにより構造体の応答加速度が変化することも明らかとなった。本報その 2では、表面性状の異なる屋根葺材を用い、振動により屋根雪が破断した後において屋根 雪が滑動したときの応答性状を実験で検討した。

2. 振動実験

2.1 実験シリーズ

表 1 に実験に使用した屋根葺材の概要を示す。本実験では,積雪地域で多く使用されている塗装鋼板のうち表面性状の異なる 2 種類を対象とした。これらの屋根葺材の 10 点平均粗さ(Rz_{JIS})は,フッ素塗装鋼板が $4.2~\mu$ m,つや消し塗装鋼板が $21.2~\mu$ m であり,つや消し塗装鋼板の表面粗さはフッ素塗装鋼板の 5 倍程度となっている。なお,屋根葺材の表面には,滑動の妨げとなる凹凸がなく,フラットな状態である。

表 2 および表 3 に実験シリーズを示す。本実験で用いる地震波は正弦波であり,屋根雪の深さと入力加速度を一定とし振動数比 p/f (正弦波の振動数/試験体の固有振動数)を変化させた実験 I と,振動数比 p/f を一定とし入力加速度と屋根雪の深さを変化させた実験 I を行った。実験 I では,屋根雪を 15cm,入力加速度を 500 gal とし,振動数比 p/f を 0.5 ~0.9 間で 0.1 刻みに設定した。実験 I では,振動数比 p/f を 0.8 とし,屋根雪を 5 cm~20 cm 間で 5 cm 刻みに,入力加速度を 300~800 gal 間で 100 gal 刻みに設定

した。なお、屋根雪が滑動しない 場合の実験では、摩擦係数が極め て大きい砂付き塗装鋼板を用い た。

表2 シリーズ(実験 I)

入力500gal程度					
/5	屋根雪15cm				
p/f	滑動あり	滑動なし			
0.5	0	0			
0.6	0	0			
0.7	0	0			
0.8	0	0			
0.9	0	0			

表1 実験に使用した屋根葺材の表面粗さ

屋根葺材		表面粗さ(μm)		
		中心線平均粗さRa	10点平均粗さRz	
フッ素塗装	麦 鋼板	0.65	4.2	
つや消し	塗装鋼板	3.11	21.2	

表3 シリーズ(実験Ⅱ)

入力	屋根雪(p/f=0.8一定)				
(gal)	5cm	10cm	15cm	20cm	
300	ı	-	0	0	
400	ı	0	0	0	
500	0	0	0	0	
600	0	0	0	0	
700	0	0	-	0	
800	0	0	-	0	



写真1 試験体設置状況

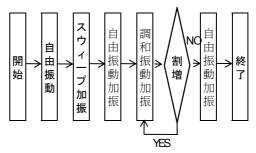


図1 実験の流れ

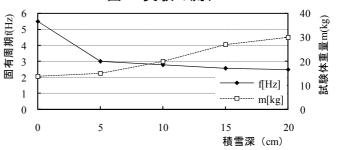


図2 屋根上積雪深と固有周期の関係

2.2 実験方法

振動実験は、写真 1 に示す北海道立北方建築総合研究所所有の 1 軸水平加振テーブルを用いて行った。加振テーブルの仕様は、最大変位が ± 25 mm、最大速度が ± 36 kine である。試験体は、鋼製脚を取り付けた 900 mm×900 mm の合板に屋根葺材を貼り付けた単純な平屋建住宅を想定したものである。このような試験体を水平加振装置に取り付け、屋根雪を堆積させ後に振動実験を行った。実験に使用した屋根雪は自然雪であり、ふるいにかけて試験体に堆積させた。雪密度は $300\sim 500$ kg/m³ であり、しまり雪に相当している。なお、屋根雪と屋根葺材との界面は屋根雪を滑動させるため、湿潤状態とした。

加振手順を図1に示す。自由振動加振は人力で行い、スウィープ加振は加速度を0.1~Gとし、 $3~Hz\sim8~Hz$ の掃引とした。これらの試験はいずれも試験体の固有振動数fを把握するためである。図2に屋根上積雪深と試験体固有振動数の関係を示す。図のように、試験体重量は、積雪がない状態で13.5~kg、積雪深 $5\sim20~cm$ 間に $15.0\sim30.0~kg$ まで増加している。固有振動数fをみると、屋根雪がない場合、試験体の固有振動数が5.5~Hz、屋根雪10~cm の場合では2.78~Hz、20~cm では2.49~Hz であり、バラツキがあるものの積雪深の増加に従って、試験体の固有振動数の減少傾向がみられる。減衰定数については、いずれの積雪深においてもほぼ2~%であった。このように、試験体に雪荷重が作用する場合は、雪荷重が大きくなることにより試験体の固有振動数fが低下し、最も固有振動数の減少率の大きかった積雪 $0\sim5~cm$ 間の固有振動数の低下は、一般的な住宅の規模を想定した場合、 $100\sim150~cm$ の屋根雪が作用した場合に相当するものであった。これら固有振動数fを基に、調和加振の振動数を逐次決定した。加振時間は1~cm0000を以下に、実験ごとに入力加速度を計測、試験体の挙動は、加振テーブル、試験体および屋根雪に取り付けた加速度計で計測した。なお、加速度のサンプリング周期は、0.005~sである。

3. 実験結果

3.1 応答加速度と時刻歴

図3~5に各屋根葺材の応答加速度時刻暦を示す。砂付き塗装鋼板の場合をみると、

振動台と試験体のいずれにおいても規 則的な波形を示しており、振動台の振 幅が250 gal, 試験体は800 gal程度, 加 速度応答倍率(試験体応答加速度/入力 加速度)は3.09を示した。フッ素塗装 鋼板の場合をみると、振動台、試験体 および屋根雪のいずれも規則的な波形 を示し,振動台と試験体の振幅がほぼ 同程度となった。屋根雪の振幅は試験 体より小さくなっており、加速度応答 倍率は1.25で砂付き塗装鋼板の場合に 比べて1/2以下の値を示した。つや消し 塗装鋼板をみると,屋根雪が不規則に 滑動したため, 試験体の応答加速度も 不規則になっている。加速度応答倍率 は5.0程度であり、フッ素塗装鋼板に比 べて大きな値を示した。以上の結果を みると、屋根葺材の表面性状が異なる ことによって屋根雪の振動状況が変化 し、試験体の応答加速度に影響を及ぼ していることが分かる。

3.2 振動数比と加速度応答倍率の関係

図6に振動数比と加速度応答倍率との関係を示す。図のように、砂付き塗装鋼板の場合は、振動数比の増加に伴い加速度応答倍率が増加する関係を示しており、減衰定数2%の共振曲線とほぼ同程度の値を示す。フッ素塗装鋼板の場合をみると、屋根雪が滑動したため、振動数比の増加に伴い加速度応答倍率が緩やかに減少する傾向を示す。つや消し塗装鋼板をみると、振動数比0.7~0.8間で加速度応答倍率に大幅な増加がみられた。これは、屋根雪が急激に滑動したためと考えられる。以上

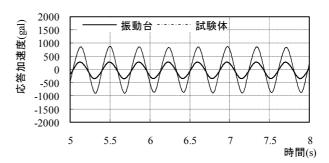


図3 応答加速度時刻歴(砂付き塗装鋼板)

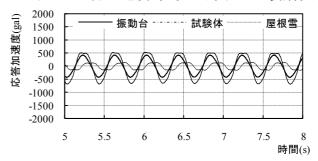


図4 応答加速度時刻歴 (フッ素塗装鋼板)

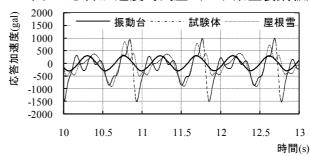


図5 応答加速度時刻歴(つや消し塗装鋼板)

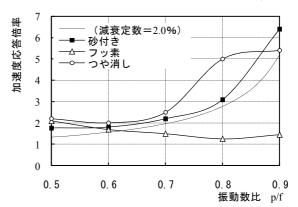


図6 振動数比と加速度応答倍率

の結果をみると、表面粗さの小さいフッ素塗装鋼板では、屋根雪が滑動することによって 試験体の加速度応答倍率が減少し、表面粗さの大きいつや消し塗装鋼板では、屋根雪の滑 動が不規則になるため、砂付き塗装鋼板と比べた場合においても試験体の加速度応答倍率 が増加する場合がある。

3.3 入力加速度と加速度応答倍率の関係

図7,8に各屋根における入力加速度と加速度応答倍率との関係を示す。フッ素塗装鋼板

の加速度応答倍率をみると,入力加速度 の増加に伴い加速度応答倍率が減少する 傾向を示す。さらに,屋根重量が重いほ ど加度応答倍率が急激に減少する傾向を 示す。つや消し塗装鋼板の場合をみると, バラツキがあるものの入力加速度の増加 に伴い加速度応答倍率が減少する傾向を 示す。このように,いずれの屋根葺材に おいても入力加速度が大きいほど加速度 応答倍率の減少傾向が見られた。

3.4 屋根雪重量と加速度応答倍率の関係

図 9 に屋根雪の荷重と加速度応答倍率 との関係を示す。入力加速度 500 gal に おいてフッ素塗装鋼板をみると,屋根雪 荷重の増加に伴い加速度応答倍率が減少 傾向を示す。つや消し塗装鋼板をみると, フッ素塗装鋼板に比べ加速度応答倍率が 全体的に大きい値を示すものの, 屋根雪 荷重の増加に伴い加速度応答倍率が減少 傾向を示した。次に入力加速度 700 gal においてフッ素塗装鋼板をみると 500 gal の場合と同様に減少傾向を示す。一方, つや消し塗装鋼板は、屋根雪荷重の増加 に伴い加速度応答倍率に増加傾向がみら れる。以上の結果をみると、フッ素塗装 鋼板では,入力加速度に関わらず屋根雪 荷重の増加に伴い加速度応答倍率が減少 する関係を示し, つや消し塗装鋼板は, 入力加速度の違いにより、屋根雪の重量 の増加に伴う加速度応答倍率の増減関係 が異なる傾向がある。

4.まとめ

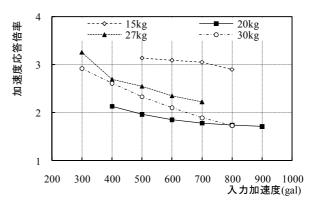


図7 入力加速度と加速度応答倍率 (フッ素塗装鋼板)

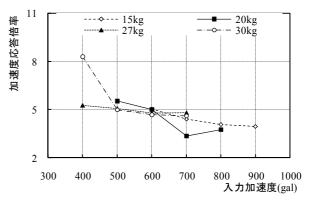


図8 入力加速度と加速度応答倍率 (つや消し塗装鋼板)

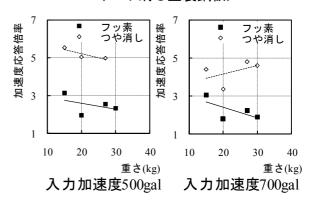


図9 屋根重量と加速度応答倍率の関係

本報その2では、表面性状の異なる屋根葺材を用い、振動により屋根雪が破断した後において屋根雪が滑動したときの応答性状を実験で検討した。その結果、フッ素塗装鋼板では、屋根雪が滑動することにより試験体の応答加速度が減少した。その減少傾向は、入力加速度が大きいほど、さらに、屋根雪の重量が大きいほど顕著となった。これに対し、つや消し塗装鋼板では、屋根雪の滑動が不規則であったため試験体の加速度応答倍率にバラツキがみられ、滑動しない場合に比べて加速度が増加する場合もあることがわかった。このように、屋根雪が滑動した場合における構造体の応答性状は、屋根葺材の表面性状を考慮して評価する必要がある。なお、本研究は、北海道立北方建築総合研究所の植松武是博士に

多大なる協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。