

膜材料の滑雪特性に関する基礎的研究

○山口英治, 伊東敏幸, 苫米地司 (北海道工業大学)

1. はじめに

膜材料は、膜構造建築物の発展に伴い繊維織物やコーティング層の開発が進みガラス繊維布に四ふつ化エチレン樹脂をコーティングした不燃性、耐候・耐久性などに優れた素材（A種膜材）へと推移してきた。A種膜材は、（社）日本膜構造協会に数種類登録されており、各メーカーによって織糸の太さ、本数、コーティング材の配合物など登録基準値内でやや異なっている。このため同じA種でも表面性状にばらつきが生じるものとする。これまでのA種膜材の滑雪特性に関する研究では、1種類のみで実施されている例が多く、数種類のA種膜材を比較検討した事例は極めて少ない。膜構造建築物が積雪地域に普及し始めている現状を考えると、各A種膜材固有の滑雪特性を明らかにしておくことが重要と考える。

本研究では、各A種膜材固有の滑雪特性を明らかにすることを目的に実験を実施した。実験は、代表的な6種類のA種膜材を対象として屋根雪の滑雪開始に影響を及ぼす静摩擦係数について実験を実施した。さらに、この実験結果を用いて膜材の表面性状との関係を検討するため、表面粗さおよび撥水性を示す接触角について測定を行った。

2. 研究方法

2.1 静摩擦係数に関する実験

膜構造建築物の屋根雪処理では、屋内から熱エネルギーを与えて融滑雪処理させるのが一般的である。この滑雪現象を検討するため本実験では、静摩擦係数と含水率との関係について実験を行った。

表1に実験シリーズを示す。実験に用いた

表1 実験シリーズ

試料 No.	試料材	静摩擦実験						表面粗さ測定 (μm)				接触角 測定 (θ°)
		雪モデルへの投入水量(g)						Ra	Rz	Ry	Sm	
		0	10	30	50	70	90					
M1	膜材料 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M1-8	M1の 8 年屋外暴露材	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M2	膜材料 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M3	膜材料 3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M4	膜材料 4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M5	膜材料 5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
S1	冷間圧延ステンレス鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
S2	塗装ステンレス鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
FG1	フロート板ガラス	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
P1	ポリエステル樹脂塗装 溶融亜鉛めっき鋼板	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
雪モデルの含水率(%)		0	12	20	28	37	53					

注1) 膜材料1～5は、A種膜材で（社）日本膜構造協会に登録されている。

注2) 試料材M1-8以外は、全て新品材料である。

試料材は、表に示すように6種類のA種膜材と比較材料S1, S2, P1, FG1である。雪モデルは、表面温度0℃の試料材上で自然雪で作製した雪ブロック(積雪密度 0.25g/cm³, 「直径120mm, 高さ15mm」+340gの重り)を用いた。実験は、同表のように雪モデルの含水率を変化させ、傾斜平板法で測定を行った。なお、含水率はカロリーメーター法で測定した。

2.2 表面性状の測定

(1) 表面粗さの測定

表面粗さの測定は、表1の試料材を5cm×5cmの大きさに切除した測定用試験片を用い、触針式粗さ測定装置にて中心線平均粗さRa, 10点平均粗さRzおよび凹凸の平均間隔Smについて測定を行った。

(2) 接触角の測定

接触角の測定は、表面粗さ測定と同様の試験片を用い、自動接触角計にて液滴落下60秒後に測定した。測定用の液体には、蒸留水を用いた。

3. 研究結果

3.1 静摩擦係数に関する実験結果

A種膜材の含水率と静摩擦係数との関係を図1に示す。図のように膜材の静摩擦係数は、含水率の増加に伴いM1, M1-8, M2, M3の図中黒塗りとM4, M5の図中白抜きとの2つの傾向に大別できる。図中黒塗りの膜材の静摩擦係数の傾向をみると、M1, M2は、含水率37%で最大値を示し、M1-8, M3は、53%まで増加の傾向がみられる。これに対し、図中の白抜きのM4, M5は、含水率20~28%で最大値を示し、その後、減少傾向を示す。これらの傾向の違いは、コーティング材の配合物がやや異なるため、この影響などが要因と考えられる。比較材料における含水率と静摩擦係数との関係をみると図2となる。図のように、材料表面が平滑であるFG1は含水率の増加に伴い静摩擦係数が減少する傾向を示す。他の比較材料の静摩擦係数は、含水率20%以下で最大値を示し、その後、減少傾向を示す。

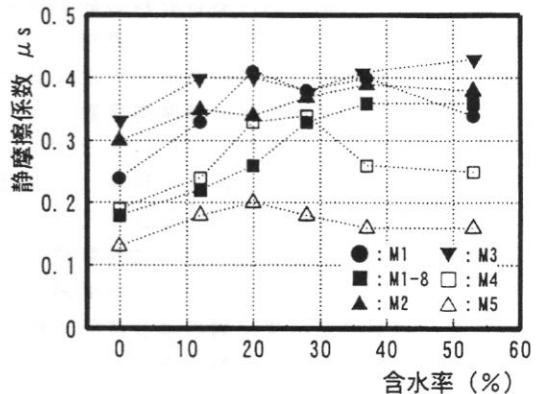


図1 A種膜材膜材における含水率と静摩擦係数との関係

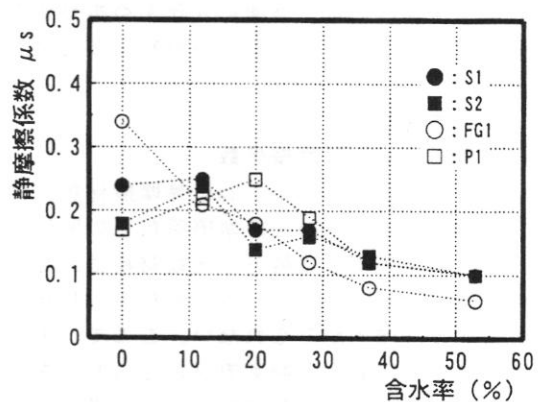


図2 比較材料における含水率と静摩擦関係との関係

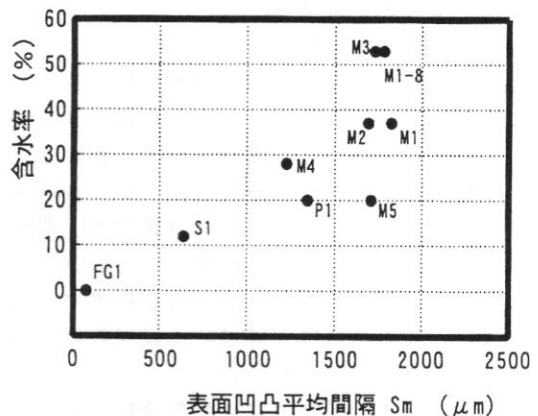


図3 静摩擦係数が最大値を示した時の表面凹凸平均間隔Smと含水率との関係

次に、各含水率における各材料の静摩擦係数の値をみると、含水率0%では膜材のM5が最も小さい値を示し、FG1が最も大きな値を示す。含水率の増加に伴い静摩擦係数の大小の順位が異なり、含水率53%になるとFG1が最も小さい値を示す。これらの現象は、表面粗さの影響を大きく受けていると考えられる。この現象を整理するため、図3に静摩擦係数が最大値を示した時の表面凹凸平均間隔 S_m と含水率との関係を示す。図のように S_m の増加に伴い含水率も増加する傾向を示し、膜材のように表面粗さの大きい材料は、雪と膜材との界面に介在する水分量が多くなると滑雪が起りづらくなると考える。これに対し、表面が平滑なFG1は、界面に介在する水分量が少ないと滑雪が起りづらい材料であると考ええる。

3.2 表面性状

(1) 表面粗さと静摩擦係数

図4に中心線平均粗さ R_a と静摩擦係数、図5に10点平均粗さ R_z と静摩擦係数との関係を示す。両図のように膜材と比較材料は、2つの傾向に大別できるが、各比較材料の材料特性に明瞭な傾向がみられない。ここで、表面凹凸の平均間隔 S_m と静摩擦係数との関係をみると図6となる。比較材料は、 S_m の増加に伴い各材料が持つ固有の特性が現れた。従って、材料特性を評価する場合、 S_m を指標に用いることが有効的と考える。

(2) 表面粗さと接触角

図7に接触角と中心線平均粗さ R_a 、図8に接触角と10点平均粗さ R_z 、図9に接触角と表面凹凸平均間隔 S_m との関係を示す。図のように接触角は、 100° 前後の膜材、 60° 前後のS1, S2, P1, 17.8° のFG1と分類でき、膜材は撥水性の大きい材料に位置づけられる。なお、図7、図8のように R_a , R_z を指標に用いた場合、前述の傾向と同様に比較材料は、固有の材料特性がみられなかった。

滑雪に対する抵抗力は、滑雪開始条件として静摩擦による抵抗力だけでなく、屋根材に屋根雪が付着する凍着強度がある。凍着強度

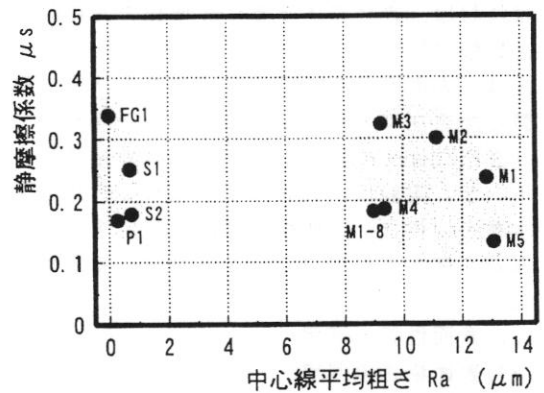


図4 中心線平均粗さ R_a と静摩擦係数との関係

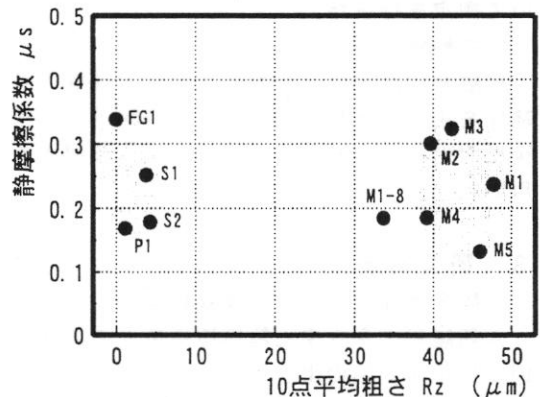


図5 10点平均粗さ R_z と静摩擦係数との関係

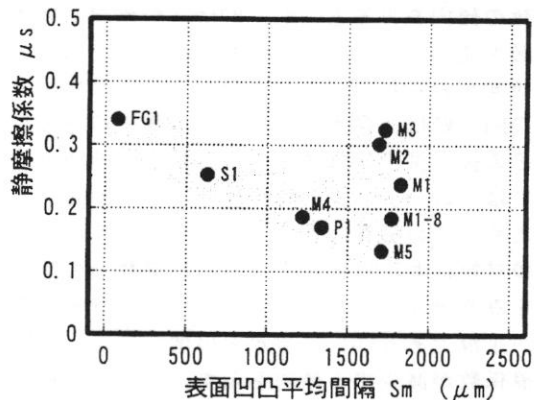


図6 表面凹凸平均間隔 S_m と静摩擦係数との関係

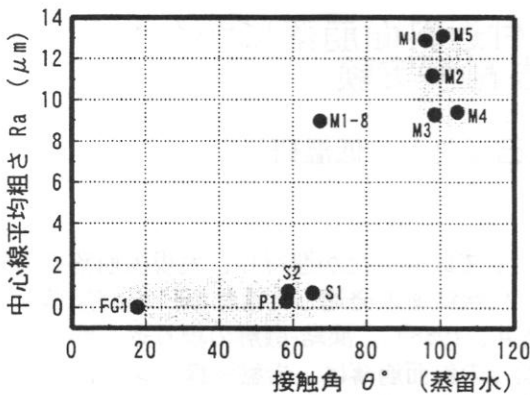


図7 接触角と中心線平均粗さRaとの関係

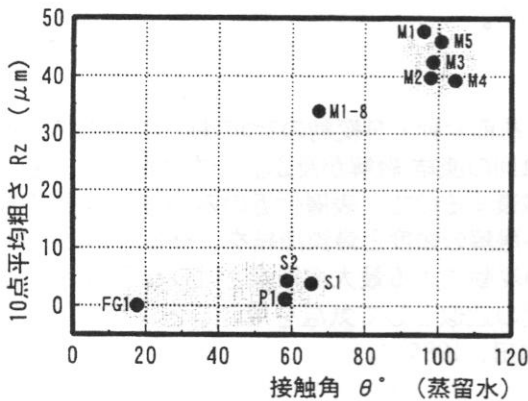


図8 接触角と10点平均粗さRzとの関係

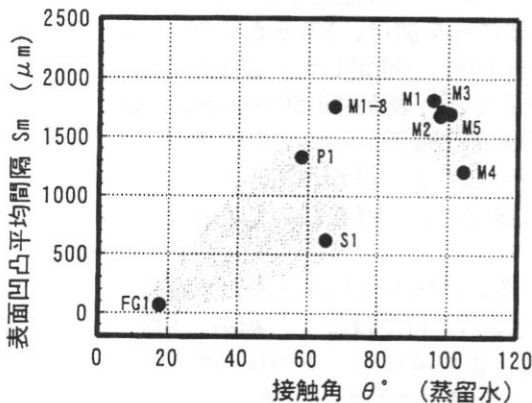


図9 接触角と表面凹凸平均間隔Smとの関係

は、屋根材に付着する屋根雪の接触面積に支配され、撥水性の大きい材料ほど小さいと報告されている¹⁾。従って、膜材のように撥水性が大きく表面凹凸が大きい材料は、凍着強度が小さく、滑雪しやすい材料と考えられる。さらに、膜材は、同図のように接触角による大きな差異がみられないことから、凍着強度については膜材の種類による影響はほとんど受けないと考えられる。なお、図中のM1-8の接触角が小さいのは、屋外暴露時の表面状態で測定を行ったため、汚れなどによる影響を受けたものと考えられる。

4. まとめ

一般に膜構造建築物の屋根雪処理では、屋内から熱エネルギーを与えて融滑雪処理していることから融雪水の影響を受けている。従って、屋根雪と膜材との間に介在する水分量により大きな影響を受ける膜材は、エネルギーの投入方法やその制御方法について十分に検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 伊東敏幸ほか：屋根葺材と屋根雪の凍着性状に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第470号，pp. 43-51，1995. 4