—報 文—

カーペットの粘弾性挙動に関する研究

(第2報) 粘弾性挙動におよぼす種々の因子の実験による解析

京都工芸繊維大学 堀 野 恒 雄 (会員)
 “ 下 西 茂†

Study on Viscoelastic Behavior of Carpet
Part 2: Experimental Analysis of the Factors Affected to the
Viscoelastic Behaviors

Tsuneo Horino and Shigeru Shimonishi

*Department of Textile Engineering, Art Industry and Textile College of Kyoto, Kyoto***abstract**

Looped pile carpets having different pile structure were woven by a tufted machine using 6-Nylon textured pile yarns. Two different groups of model cut-pile carpets were made by using an attachment. One group consisting of the same apparent density in pile part and the other group of the different apparent density.

Apparent values of complex dynamic modulus have been measured for both the looped pile and the cut-pile carpets under various given compressive strains by means of Hysteresis loop method at a fixed frequency of 0.5 Hz. Their complex elastic modulus may be calculated on the assumption that the mechanical model of these carpets takes the Voigt model.

The viscoelastic properties under compression, of the carpets depend on various factors, especially in this experiments were affected by two factors; deformation mode of pile yarn and volume fraction of fiber phase in pile part.

(Received August 7, 1971)

摘 要

目 的 カーペットの圧縮粘弾性挙動におよぼすカーペットの構成因子の実験的な解明を目的とする。

成 果 ループ バイル カーペットと作成したモデル カーペットについて圧縮粘弾性実験を行ない、次のような結果をえた。カーペットの圧縮粘弾性挙動は圧縮力を印加されたときのバイル糸の変形様式と、カーペット中に占める構成繊維相の体積分率に依存する度合いが大きい。一般にカーペットの構成では、繊維相の占める体積分率が小さいのでバイル糸の材質はあまり影響しない結果を得た。

(昭和46年8月7日 受理)

1. 緒 言

カーペットの圧縮に関する研究は種々のカーペットについて圧縮実験を行ない、圧縮荷重と圧縮変形量との関係を測定し、カーペットの消費性能との対応を試みようとするものが多い^{1~5)}。

これに対しバイル糸の圧縮変形状態と変形をうけた際に発生する力の大きさを評価し、カーペットの設計資料を得ようとする研究が行なわれてきた^{6,7)}。これは希望する圧縮性能を有するカーペットには、どのようなバイル糸を用いて製織すればよいかを従来経験的に求めてき

†現在 K K 村田製作所

た手法によらず、あらかじめ予測しようとするものである。しかしパイル糸自身、多数の繊維からなる集合体であり、いまのところパイル糸の圧縮挙動を知り、パイル糸が集合した場合の研究が進められている段階である。

カーペットには種々の形態のものがあるので、本研究では、まずパイル糸の圧縮変形状態を分類した後、加工工程を変化して製作したループパイルカーペット試料について、パイル部の形態に及ぼす加工効果およびこれらのカーペットの圧縮時の粘弾性挙動の測定結果と、作成したモデルカーペットによりパイル部のみの粘弾性挙動の測定結果について述べる。

2. パイル糸の圧縮変形状態

通常、市販されているカーペットのパイル部の見かけの密度は 0.12g/cm^3 前後という小さい値であり、パイル部を繊維相と空気相からなる混合系とみると、後に述べるようにパイル部の体積の約90%は開放空気相で占められていることになる。したがって圧縮の初期にはパイル糸は自由に変形でき、その変形状態の相違により発生力に変化する。

第1図は圧縮の初期にカットパイル糸およびループパイル糸が、どのような変形様式をとるかを模式的に示

(第1図) カットパイルおよびループパイルが1本の場合の圧縮変形状式の模式図

- (a): 見かけの直径 d_a 長さ l_p のカットパイル
 (e): S/H の値の大きいループパイル
 (g): S/H の値の小さいループパイル

した図である。

すなわち、パイル長 l_p 、見かけの直径 d_a の(a)図に示したカットパイル糸に圧縮力 w を印加した場合の3種類の圧縮変形状式を(b), (c)および(d)図に示す。

l_p/d_a の値が約3以下と小さい場合には、(b)図に示すようにパイル糸の撓り角度は変化するが、直径 d_a はほとんど変わらずにちょうどコイルばねのような圧縮様式となる⁸⁾。

l_p/d_a の値が約5以上になると、(c)図に示すように一端固定、他端自由の長柱の座屈現象に近い変形状式を示す^{7), 8)}。

またパイル糸の糸軸がはじめから基布面に対し垂直でない場合、たとえば電植カーペットなどでは(d)図のような圧縮様式をとる⁷⁾。

ループパイルでは同じ長さのループ長で形成されたループについて、ループを構成するパイル糸のかさ高加工の相違による巻縮の度合(構成繊維のクリンプ角度、クリンプ長さなど)が異なると、後に示すようにループのひろがり S とループの高さ H との比 S/H の値の大きい(e)図に示すようなループ形状と、 S/H の値の小さい(g)図に示すようなループを形成する。前者の場合は(f)図に示すような圧縮変形状式を示し、後者の場合は(h)図に示すようにループ形成面の平面内で変形する場合⁶⁾と、(i)図に示すようにループ形成面に対し垂直方向に変形する場合とがある。

カーペットの圧縮初期には上述したようにパイル糸の寸法および形状により、圧縮変形状式が異なる。

さらに圧縮変形量が増大すると、圧縮変形状式に対応したジャミング構造をとり、パイル部の繊維相は最密充てん状態に近づく。この場合(b)図以外の圧縮変形状式では隣接するパイル糸同士が接触するので、それぞれの圧縮変形状式に応じて充てん効果を考慮しなければならない。

(c)および(d)図の変形状式については木村、川端ら⁷⁾の(f)および(h)図の変形状式については A. El-Shiekh ら⁶⁾の理論的な研究がある。

本研究では前報の市販のカーペットについての圧縮粘弾性挙動の観測結果⁹⁾にひき続き、カーペットの製造時の加工工程を変化して作成した S/H の比の異なったループパイルカーペットの粘弾性挙動と、カットパイルカーペットのパイル部のみの粘弾性挙動をモデルカーペットを製作して観測した結果について述べる。

3. 試料

現在カーペットは天然繊維製品ばかりでなく、種々の化学繊維が使用されている。またカーペットの製法の相違により基布部の構造および基布部とパイル部との接合

の異なった種々のものがある。

本実験ではパイル糸は同じ繊維素材でも加工工程の異なったパイル糸を同じ基布にタフティングしたループパイルカーペットを試料とした。

さらに市販のカーペットでは限定されるのでモデルカーペットを作製して試料とした。まずこれらの実験試料について述べる。

3.1 ループパイルカーペット試料

機幅76cmのタフテッド機により、ゲージを5/32インチと一定に保ち、パイル糸の目付がほぼ一定になるようにステッチ密度をやや変化して平織のジュートの第一基布にタフティングし、同じジュート布をバックングしてループパイルカーペットを作成した。

このループパイルカーペットの作成には6-ナイロンのフィラメント糸を用い、次に示す工程を変化して作成した。

- i) パイル糸のかさ高加工 → 仮撚り加工 (B)
→ 押し込み加工 クリンプ
 アングルを小, 中, 大と3段階に変化, (S), (M), (L)
- ii) 染加工 → 先染め (糸染め) (P)
→ 後染め
- iii) 加工糸の後加工 (クリンプアングルを変化させる加工) → 未加工
→ 加工 (SP)

末尾の () 内の記号を用いて第1表に試料をまとめた。たとえば第1表中の P-SP-M は先染めおよび加工糸の後加工を施し、クリンプアングルが中段階のパイル糸のカーペット試料である。

目付はカーペット 1 m² 作成に必要な糸重量であり、

目付量はバックング前にパイル糸を第一基布よりほどいて測定した値である。

またカーペットの厚さ l_c は応力 4 g/cm² を印加した状態のカーペットについての測定値で表わした。

上述したように第1表の試料はいずれも同じ基布を使用して作成したので、目付/ l_c の値をカーペットの密度の比較値として表に記した。

押し込み加工糸の場合は構成繊維はジグザグの形状となるので各屈曲点でのジグザグの角度の平均値をクリンプアングルとして示した。

このように条件を変化して作成したループパイルカーペットのパイルの構造をみるために、基布面にはほぼ垂直および水平方向にマイクロームを利用してカーペットを約 0.3mm 厚の薄片に切断して接写した写真を第2図に示す。これにはまずカーペットの細片を真空デシケータ中で融解したパラフィン (m.p. 約 60°C) 中に浸漬し減圧してカーペットの内部までパラフィンを充てんした後に冷却してマイクローム用の試片を作成した。

加工糸の後加工をほどこさない場合には、後染め、先染めの加工の相違ではループパイルの形態にあまり変化が見られないが、加工糸の後加工を施すといずれも図に示すようにループパイル内に空間を形成し、特に先染めの場合に著しい。

一方、仮撚り加工糸の場合は、ほぼ一様に繊維が分布している。このことはそれぞれの図の下に示した水平断面でも明らかであり、仮撚り加工糸の場合がもっとも繊維の分散がよい。これらの水平断面はループのひろがりほぼ最大になるループパイルの高さの位置で切断した水平断面である。

(第1表) ループパイルカーペットの作成条件とカーペットの諸元

試料	目付 (g/m ²)	ステッチ密度 (本/in)	カーペットの厚さ l_c (mm)	目付/ l_c (g/cm ³)	クリンプアングル (°)
S	730	11.0	9.0 ₆	0.080	91.5
M	702	10.5	8.9 ₂	0.078	104
L*	722	11.5	9.4 ₄	0.076	110
SP-S	660	10.0	9.7 ₇	0.067	117
SP-M	638	10.0	9.7 ₃	0.065	135
SP-L*	758	13.0	9.8 ₀	0.077	150
P-S*	685	10.0	8.9 ₃	0.076	101
P-M	664	10.0	8.9 ₃	0.074	106
P-L	787	13.0	9.5 ₀	0.082	115
P-SP-S	787	12.0	9.7 ₂	0.080	116
P-SP-M	705	11.0	9.7 ₃	0.072	127
P-SP-L*	746	12.0	9.8 ₃	0.075	142
B*	586	8.5	8.6 ₂	0.080	—

注) 試料B以外のカーペットは押し込み加工糸の 6-ナイロン糸を使用
試料Bのみ仮撚り加工糸の 6-ナイロン糸を使用

(第2図) 5種類のループパイルカーペットの基布面
に対しての垂直断面および水平断面

なお第2図はマイクロームで約0.3mm厚で連続して切断した薄片の表面を示した図である。

このように同じ繊維素材でも加工処理を異にすれば、ループパイルカーペットでのループの形成に変化をもたらすことができ、これらの試料では第1図に示すように圧縮変形様式が異なることが予想される。

3.2 モデルカーペット試料

市販のカーペットでは同じパイル糸を使用し、パイル部の見かけの密度のみを大幅に変化したものの入手が困難であるので、次に示すような目的でモデルカーペットを作成した。

カーペットをパイル部と基布部が直列に結合した力学模型においた場合、初期圧縮ひずみ率、約60%まではカーペットの粘弾性挙動が主にパイル部に支配されるという結果⁹⁾から、パイル部のみの粘弾性挙動を観測するためである。

モデルカーペットは第3図に示すように台①の両端にピッチの等しい2個のくし⑤を固定し、くしの刃の間にパイル糸を通してパイル糸②を平行に、かつ等間隔に並べる(図の一点鎖線はパイル糸の糸軸を示す)。次に帯鋼を切断して作成したベースピース③と両面接着テープを用いてパイル糸をはさんだ後にパイル糸を切断する。その後所定の長さにパイル糸を切りそろえると、ベ

(第3図) モデルカーペットの作成用具と作成法の模式図

①: 台 ②: パイル糸 ③: ベースピース
④: 固定穴 ⑤: くし

ースピースにはくしの刃のピッチに相当した間隔でパイル糸がならぶ。パイル糸を貼付したベースピースをさらに等間隔に重ね、固定穴④にボルトを通し多数のベースピースの下端をそろえて固定し、モデルカーペットを作成した。

作成したモデルカーペットの例を第4図に示しておく。

(第4図) 作成したモデルカーペットの例
(レーヨンパイル糸使用)

カーペットが上述した力学模型で表現できるとすると、カーペットの複素弾性率 E_c^* は次式のように表わされる⁹⁾。

(第2表) 作成したモデル カーペットの諸元および使用したパイル糸の繊維の密度

試 料	パイル糸	パイル部の厚さ $l_p(\text{mm})$	パイル部の見 かけの密度 (g/cm^3)	繊維の密度 $\rho_f(\text{g}/\text{cm}^3)$	繊維相の体積 分率 ϕ_f
M-A	6-ナイロン 仮然り加工糸	10.0	0.140	1.14	0.123
M-B	6-ナイロン 押し込み加工糸	10.0	0.140	1.14	0.123
M-R	レーヨン紡績糸	10.0	0.140	1.51	0.092
M-PP-1	ポリプロピレン 押し込み加工糸	10.0	0.140	0.93	0.151
M-PP-2		10.0	0.100	0.93	0.108
M-PP-3		10.0	0.058	0.93	0.063
M-PP-4		10.0	0.023	0.93	0.024

$$E_{c^*} = \left(\frac{\phi_P}{E_{P^*}} + \frac{\phi_B}{E_{B^*}} \right)^{-1}$$
$$\phi_P + \phi_B = 1$$
$$\phi_P = l_P/l_c, \phi_B = l_B/l_c$$

}

.....(1)

ここで E_{P^*} および E_{B^*} はそれぞれパイル部および基布部の複素弾性率であり、 ϕ_P および ϕ_B はこれらの構成部の体積分率である。

上式より

$$E_{P^*} = \frac{\phi_P \cdot E_c^*}{1 - \phi_B (E_c^*/E_{B^*})}$$

.....(2)

となり、カーペットの基布部に繊維材料に比較して複素弾性率の高い材料、たとえばモデルカーペットの作成に用いた金属材料などにとすると $0 < \phi_B < 1$, $0 < E_c^*/E_{B^*} \ll 1$ であるから(2)式は

$$E_{P^*} \div \phi_P \cdot E_c^* = (l_P/l_c) \cdot E_c^* \quad \text{.....(2')}$$

となり、モデルカーペットはパイル部のみの粘弾性挙動を示すことになる。

このような観点から上述した方法で、繊維素材、パイル部の密度を変化して作成したモデルカーペットを第2表にまとめて示す。モデルカーペットではベースピースとパイル糸とはほぼ垂直となり、いずれの場合も第1図(c)の変形様式となるように $l_p=10\text{mm}$ とした。

4. パイル部の圧縮変形状態の観察

カーペットの圧縮変形状態観察用器具⁸⁾により、第1表のループパイルカーペット試料中より特徴のあるカーペットについて、これらの圧縮変形状態の観察結果を第5図に示す。

これらはいずれも面積 $2 \times 2\text{cm}$ の角形の圧縮子により圧縮した場合である。第5図のループパイルカーペットでは S/H の比の値の小さい P-S 試料では第1図(h)の変形様式であり、B試料では第1図(i)の変形様式とみられる。

S/H の比の値の大きい P-SP-L では S の最大値がタ

(第5図) 3種類のループパイルカーペットの圧縮変形状態
右端の1目盛は1mm、上より $\epsilon_c=0\%$, $\epsilon_c=10\%$, $\epsilon_c=20\%$, $\epsilon_c=35\%$, $\epsilon_c=55\%$ の場合を示す

フティング機のゲージ5/32インチより大きくなり、ループパイルの配列がやや乱れているが、第1図(f)の変形様式となる。

このように $\varepsilon_c=0\%$ におけるループパイルの形態が変化すると、圧縮の進行によりループパイル糸のジャミング構造が異なる。 $\varepsilon_c=35\%$ の変形印加時には、P-SP-L試料では各ループパイルにまだ比較的大きい空気相が存在するのに対し、P-SおよびB試料ではこのような大きな空気相は見られない。したがって変形印加前のループ形状および形状により左右される圧縮変形様式の相違により、発生力および繊維-繊維間の外部摩擦効果におよぼす影響が異なるとみられる。

(第6図) ポリプロピレンパイル糸のモデルカーペットの圧縮変形状態

右端の1目盛は1mm、左上より、 $\varepsilon_p=0\%$ 、 $\varepsilon_p=10\%$ 、 $\varepsilon_p=20\%$ 、 $\varepsilon_p=30\%$ 、 $\varepsilon_p=45\%$ 、印加ひずみを除去した状態

第6図は種々の繊維材料で作成したモデルカーペットのうち、構成繊維の密度が $0.93\text{g}/\text{cm}^3$ と最も小さく、パイル部の見かけの密度が同じ場合ではパイル部中で占める繊維相の体積分率が最も大きくなるポリプロピレンパイル糸を使用したモデルカーペットの圧縮変形状態を示した図である。パイル部の見かけの密度は第2表のM-PP-1と同じで、 l_p のみを8.7mmとやや短くした試料であるが、第1図(c)の変形様式となる。この場合、パイル部の圧縮ひずみ率 $\varepsilon_p=45\%$ でも図のように空気相がみられる。

5. 試料カーペットの複素弾性率の測定結果および考察

試料カーペットの複素弾性率の測定には動的圧縮粘弾性測定器により、前報⁹⁾と同様にカーペットの粘弾性挙動をフォークト模型に近似して、ヒステレシスループ法により見かけの複素弾性率を算出した。

カーペットの複素弾性率は0.05~1Hzにわたる周波数域では、ほとんど周波数依存性が認められなかったので本実験では観測周波数を0.5Hzと一定に保ち、初期

圧縮ひずみを変化して測定を行なった。

測定結果を試料別にわけて、ループパイルカーペットでは主に形成ループの形態の効果モデルカーペットではパイル部の密度の効果について述べる。

5.1 ループパイルカーペットの測定結果および考察

一般にカーペットの機械的性質はカーペットが繊維相と開放空気相とから構成されるとした場合に、繊維相の占める体積分率と前述したパイル糸の形態およびパイル糸の材質に依存すると考えられる。

本実験でのループパイルカーペットのパイル糸はいずれも6-ナイロンであるので、第1表の13種類の試料カーペット中より加工処理法の相違により、形成ループの形態は異なるが繊維相の占める体積分率がほぼ等しい5種類のカーペットを選んで測定し、比較した。すなわち押し込み加工糸を使用したカーペットではクリンプアングルの異なるが加工処理が同じグループからの各一種類と、仮然り加工糸を用いたカーペットについて、カーペットの見かけの密度の比較値、目付/ l_c のほぼ等しいものを選び粘弾性測定の対象とした。これらのカーペットには第1表中に*印を付した。

5種類のループパイルカーペットについての複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性を染色の工程別、かさ高加工別にわけて第7図に示す。図に示したカーペットは前述したようにカーペットの構成繊維相の体積分率はほぼ等しく、また構成繊維素材が同一であるので、これらの

(第7図) ほぼ同じ目付の5種類のループパイルカーペットの複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性

試料間の複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性の相違は、第2図で示した形成ループの形態およびループの形態により定まる変形様式の相違に起因すると思われる。すなわち、クリンプアングルの大きくする加工糸の後加工をほどこしたカーペットSP-L、P-SP-LではS/Hの

比の値が大きくなり、第1図(f)の変形様式となり、第5図に示すように圧縮ひずみが増大した場合でもパイル糸同志のジャミング構造はほとんど見られず、個々のループパイルで構成繊維が圧縮の進行にともない充てんされていく。これに対し普通工程のカーペットLおよびP-S試料と仮燃り加工糸を使用したB試料では S/H の比の値が小さくなり、第1図(h)または(i)の変形様式となり、第5図に示すように圧縮ひずみの増大と共にパイル糸同志はジャミング構造をとり、構成繊維の充てんが進行する。

したがって第7図の各種のループパイルカーペットの複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性の相違は、上述したようにループパイルの形状と、これにより支配される変形様式が異なり、パイル部での構成繊維同志の相互作用効果(外部摩擦)の相違を反映した結果と考えられる。

カーペットを緩衝材料としての機械的な性質の面からのみで評価する場合には E_c' 、 E_c'' の値の高いカーペットのほうがすぐれている^{9,10}。したがって同じ繊維材料を同じ量だけ使用しても第7図のように複素弾性率が異なるので、このような観点ではパイル糸のジャミング構造が出現しやすいような製造工程にしたほうが得策といえる。

高ひずみ域での構成繊維間の相互作用効果はこれらのカーペットの見かけの圧縮応力-ひずみ曲線でも観察される。

第7図の試料カーペットについて島津製オートグラフにより圧縮面積 5 cm^2 の円筒の圧縮子により 5 mm/min の圧縮速度で 20°C 、 $65\%\text{RH}$ の環境条件下での圧縮試

(第8図) はほぼ同じ目付の5種類のループパイルカーペットの見かけの圧縮応力-ひずみ曲線

験結果を第8図に示す。図ではカーペットのパイル部がポアソン比ほぼ0に近い物体として挙動するので(検出圧縮力)/(圧縮子の面積)を見かけの応力として縦軸に、また第1表に示したように l_c の値がやや異なるので、表の l_c の値を原長とした圧縮ひずみ率を横軸にとった。

低ひずみ領域では S/H の値の大きいSP-L、P-SP-Lカーペットと S/H の値の小さいS、P-L、Bカーペットでは σ_c - ε_c 曲線の形状はやや異なり前者の場合は曲線がやや急激に立ち上がる。一方、高ひずみ領域では前者の曲線のほうが後者の曲線より高ひずみ側にずれる¹¹⁾。

第8図ではほぼ同じ目付のループパイルカーペットの σ_c - ε_c 曲線の比較をしたが、第1表に示したように目付が異なるとカーペットの繊維相の体積分率は変化し圧縮挙動が異なるので繊維相の体積分率を考慮し、第8図の σ_c のかわりに縦軸に $\sigma_c/(\text{目付}/l_c)$ の値をとり圧縮挙動を比較した。

第9-a図は後染め加工のb図は先染め加工および仮燃り加工糸のループパイルカーペットの $\sigma_c/(\text{目付}/l_c)$ - ε_c 曲線である。

(第9図) 加工工程の異なった13種類のループパイルカーペットの $\sigma_c/(\text{目付}/l_c)$ - ε_c 曲線

(a): 後染め加工 (b): 先染め加工
試料Bは仮燃り加工糸を使用

押し込み加工糸の場合はいずれの場合もクリンプアングルが大きくなると S/H の比が大きくなり、クリンプアングルの大きいカーペット程曲線は高ひずみ側にずれる。また低ひずみ領域ではクリンプアングルの小さいカーペットに比較して曲線の立ち上がりやや急激になる。すなわちクリンプアングルの程度により S/H の比が異なり、 S/H の比に依存する変形様式の相違を反映した $\sigma_c/(\text{目付}/l_c)$ - ε_c 曲線を示す。

一方、仮燃り加工糸の場合は第2図に示したように、いずれのループパイルカーペットよりも構成繊維の分散度がよく、構成繊維の分散効果を示したものと考えら

れる。

このように同じ繊維材料のループパイルカーペットの圧縮挙動でも、加工法により構成繊維の分散の程度およびループパイルの形状により異なるので、これらの因子の効果の解明が今後の問題となる。

5.2 モデルカーペットの測定結果および考察

前述したようにモデルカーペットではカーペットの機械的性質を支配するパイル部のみの挙動が観測できるので、圧縮変形様式が同じ場合にカーペットの粘弾性挙動におよぼすパイル糸の材質の影響およびパイル部の密度の影響をみる目的で実験を行なった。

パイル部の見かけの密度が同一で、パイル糸の材質が異なる場合と、パイル糸の材質が同じでパイル部の見かけの密度が異なる場合とにわけて、パイル部の複素弾性率 $E_p^*(\omega_0, \varepsilon_p)$ の初期圧縮ひずみ依存性をそれぞれ第10図および第11図に示す。

これらのモデルカーペットはいずれも第6図に示すように第1図(c)の変形様式となり、圧縮ひずみの増加と共にパイル糸は同じジャミング構造をとる。

モデルカーペットの貯蔵弾性率 $E_p'(\omega_0, \varepsilon_p)$ —初期圧縮ひずみ ε_p 曲線はいずれも ε_p の増加と共に、一たんやや低下し、その後上昇するという初期圧縮ひずみ依存性を示す。これは通常のカーペットに比較して強固なベースピースによりパイル糸の下端をほぼ完全な固定端とし、またパイル糸と固定端の上面とはほぼ垂直となっているためにパイル糸の座屈による圧縮力の低下現象¹¹⁾に起因するものと思われる。

モデルカーペットはパイル部の見かけの密度は第2表に示した条件で作成したので、パイル部中で占める繊

パイル部の初期圧縮ひずみ率 ε_p (%)

(第10図) パイル部の見かけの密度が同一の4種類のモデルカーペットの複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性

パイル部の初期圧縮ひずみ率 ε_p (%)

(第11図) 同一のパイル糸でパイル部の見かけ密度を変化した場合のモデルカーペットの複素弾性率の初期圧縮ひずみ依存性

維の体積はそれぞれ異なる。したがって同じ初期圧縮ひずみを印加してもモデルカーペットにより繊維相の体積分率 ϕ_f が異なるので、次に示す仮定の下で ϕ_f を算出し、構成繊維の同じ充てん割合での粘弾性挙動の比較で試みた。

ϕ_f の算出に当たっては、モデルカーペットは圧縮に際してはボアソン比 0 の物体として挙動し、初期圧縮ひずみの印加によるカーペットの体積の減少は開放空気相のみが負担し、繊維相の体積は減少しないと仮定して次式で算出した。

$\varepsilon_p = 0$ におけるパイル部の体積 $V_p(0)$ が繊維相の体積 V_f と開放空気相の体積 V_a で構成されるとし、それぞれの相の重量を w_f および w_a とするとパイル部の見かけの密度 $\rho_{a,p}$ は空気相の重量を無視すれば次式のようになる。

$$\rho_{a,p} = \frac{w_f + w_a}{V_f + V_a} \div \frac{w_f}{V_p(0)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ε_p を印加したときのパイル部の体積 $V_p(\varepsilon_p)$ は上述の仮定より V_a のみ変化し、

$$V_p(\varepsilon_p) = V_p(0)(1 - \varepsilon_p)$$

と減少する。このときの繊維相の体積分率 $\phi_f(\varepsilon_p)$ は

$$\phi_f(\varepsilon_p) = \frac{V_f}{V_p(0)(1 - \varepsilon_p)} = \frac{\rho_{a,p}}{\rho_f(1 - \varepsilon_p)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

となり、パイル部の見かけの密度 $\rho_{a,p}$ と構成繊維の密度 ρ_f と関係づけられる。

繊維素材の中でその密度が 1g/cm^3 以下で ϕ_f が大き

くなるポリプロピレン繊維の4種類のモデルカーペットについて(4)式により計算した $\phi_f(\varepsilon_p) - \varepsilon_p$ 曲線を第12図に示す。

(第12図) パイル部がポアソン比0の物体と仮定した場合に4種類のモデルカーペットの繊維相体積分率の圧縮ひずみ依存性

$\varepsilon_p=0\%$ におけるパイル部の密度が最高の M-PP-1 試料でも $\phi_f(\varepsilon_p)=0.5$ に達するには約70%のひずみを印加しなければならない(市販のカーペットでは $\rho_{a,p}$ の値が $\sim 0.12\text{g/cm}^3$ のものが多い)。

第13図および第14図は(4)式により第10図および第11図の横軸を圧縮時の繊維相体積分率にとり再プロットした図で、パイル部での構成繊維の充てん割合を同一にした場合である。なお再プロットでは $E_p'(\omega_0, \varepsilon_p)$ が一たん低下する低ひずみ領域は除外した。

繊維素材を変化した場合の第13図の測定結果では、 $\phi_f(\varepsilon_p) < 0.4$ と空気相の占める割合の多い実験範囲では、繊維素材自身の貯蔵弾性率の値の相違¹²⁾を反映せずに、

(第13図) パイル糸が異なった4種類のモデルカーペットの複素弾性率の繊維相体積分率依存性

(第14図) パイル部の見かけの密度が異なった4種類のモデルカーペットの複素弾性率の繊維相体積分率依存性

いずれのパイル糸の場合も同様な繊維相体積分率依存性を示す。

損失弾性率 $E_p''(\omega_0, \phi_f)$ では繊維素材によりやや異なり、また同じ繊維素材のモデルカーペット M-A と M-B とを比較すると、仮然り加工糸を用いたほうが繊維-繊維間の外部摩擦の効果がよいようである。

繊維素材が同じモデルカーペットについても第12図のように同じ ε_p を印加しても $\phi_f(\varepsilon_p)$ の値が相当異なるので横軸を ϕ_f ととり再プロットした第14図について考察しておく。

繊維素材が同一の場合には $\rho_{a,p}$ を変化することにより E_p^* に影響をおよぼす。これは $\rho_{a,p}$ の小さい M-PP-3, M-PP-4 試料では $\rho_{a,p}$ の大きい M-PP-1 と同じ ϕ_f の値にするためには第12図に示したように ε_p を大きくしなければならない。したがってパイル糸は大きく変形されパイル糸自身の圧縮ひずみ依存性と、 ϕ_f が同じでも変形量の相違に起因する構成繊維の充てん状態の変化を反映したものと考えられる。後者の充てん状態の相違はとくに E_p'' に顕著にあらわれ、同一の ϕ_f においてもカーペットの作成時の $\rho_{a,p}$ が大きいほど E_p'' の値は高くなり、構成繊維-繊維間の外部摩擦による効果と考えられる。 E_p' は $\rho_{a,p}$ の値が市販のカーペットの値前後の場合にはあまり影響がない結果を得た。

6. 総括

製造工程の変化によりパイル部の構成繊維の分散度が異なり、形成ループの形状が異なったループパイルカ

カーペットと、繊維素材を変化してパイル部の見かけの密度 $\rho_{a,p}$ が同じモデル カーペットおよび繊維素材が同一で $\rho_{a,p}$ を変化したモデル カーペットを作成した。

これらの試料の力学モデルを前報と同様にフォークト模型に近似して圧縮時の見かけの複素弾性率をヒステリシス ループ法により測定し、カーペットの粘弾性挙動におよぼす因子について実験的な解明を試みた。

カーペットの複素弾性率は

- 1) パイル糸の変形様式
- 2) 構成繊維相の体積分率
- 3) パイル糸の材質

の3つの因子が主に関連すると考えられるので、上述の試料について実験を行ない、次のような結果を得た。

1) の因子では変形様式が異なれば圧縮時におけるパイル糸同志のジャム構造が変化し、複素弾性率の値が異なる。

2) の因子では変形様式が同じ 場合には $\rho_{a,p}$ が大きくなれば E_c' , E_c'' 共に上昇するが、 E_c'' のほうが $\rho_{a,p}$ に大きく依存するようである。

3) の因子では体積分率を同一にした場合には、一般にカーペット中に占める繊維相の分率が小さく、パイル糸の材質が変化しても複素弾性率にあまり影響をおよぼさないが、 E_c'' の値は構成繊維の形状、表面構造が関連するようである。

カーペットを緩衝の役割をはたす床材料とする観点では、 E_c^* の値の程度が問題になるが E_c^* の値におよぼす因子を変化した場合の実験結果について述べた。

これらの実験結果から変形様式を支配するパイル糸の幾何学的な構造およびこれに関連する構成繊維の分散度などが、カーペットの設計に対して今後の問題点でありまた繊維—繊維間の外部摩擦効果を分離した力学モデルの設定および測定法の開発が必要である。

(昭和46年6月、第24回日本繊維機械学会にて発表)

文 献

- 1) J.L. Barch : Text. Res. J., **19**, 355 (1949)
- 2) D. W. Hadley and D.A. Preston : J. Text. Inst., **58**, T 194 (1967)
- 3) C.H. Sturley and W.T. Westhead : ibid, **49**, T 538 (1958)
- 4) 熨斗, 蜂谷, 田川 : 繊維誌, **16**, 294 (1962)
- 5) 土林 : 繊維科学, **5**, 67 (1963-8)
- 6) Aly El-Shiekh and S.P. Hersh : Text. Res. J., **39**, 1134 (1969)
- 7) 木村, 川端, 河合 : 繊維誌, **23**, T 67 (1970)
- 8) 堀野, 川西 : 消費科学誌, **9**, 204 (1968)
- 9) 堀野, 藪中, 森川 : 繊維誌, **23**, T 264 (1970)
- 10) 堀野, 川西 : 消費科学誌, **10**, 213 (1969)
- 11) 田畑, 西村 : 繊維誌, **20**, P 26 (1967)
- 12) たとえば繊維学会編, “繊維便覧原料編” 基礎部門第1章 丸善 K.K. (1968)