

【225】

氏 名	矢 島 幹 晴
	や じま みき はる
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 239 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	繊維集合体圧縮特性に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 堀 尾 正 雄 教 授 小 野 木 重 治 教 授 河 合 弘 迪

論 文 内 容 の 要 旨

繊維製品が示すいわゆる弾力的触感は繊維製品の圧縮に対する抵抗と反撓力とに関連した性質である。

著者はこの性質を模型の実験によって解明することを試み、その結果に基づいて繊維集団の実用的性質を解釈するとともに、圧縮弾性のすぐれた繊維の製造と加工とについて新しい技術を開発している。

第1編においては著者は、綿状の繊維集団を圧縮するとき、個々の繊維の形態ならびに繊維間の接触状況の変化を模型の実験によって解析している。すなわち著者は、ビスコース繊維およびアクリル繊維を高温に加熱することにより、これらを炭化して電気伝導度の高い繊維となし、その集団の電気抵抗を種々な圧縮度のもとで測定し、繊維間の相互作用を圧縮力の関数として観察している。著者は一定長の炭化繊維の一定数をもって種々な二次元回路組み立て、その電気抵抗を測定し、繊維間の接点が増加するほど回路中における並列的要素が増加し、電気抵抗が減少することを示し、実際の繊維集団中に現われると考えられる若干の基本的回路に対し電気抵抗の実測値と計算値とがよく一致することを示している。従って繊維集団を圧縮した場合に見られる電気抵抗の減少は、繊維間の接点の増加に基づく網状化の発達を示唆する尺度となり、繊維集団の構造を論ずる上に有力な根拠を与える。

著者は、解繊された炭化繊維の集団を、銅板電極を底面にもつ絶縁性の円筒内に収め、その上部に試料に密接するように今一つの円板状電極をおいて試料を両電極間にはさみ、上部の電極に種々な荷重を与えて繊維塊を圧縮しつつ、試料柱の高さ H (cm) と、両電極間にはさまれた繊維と空気とからなる糸の見掛けの比抵抗 ρ (Ω cm) とを圧力 P (g/cm^2) の関数として測定している。ここに H は試料のかさ高さを表示する尺度であり、 ρ は繊維集団の網状構造を表示する尺度となる。著者の測定結果によれば、種々な炭化繊維について、 H は P^a に逆比例し、 ρ は P^b に逆比例する。ここに a および b は正の定数である。すなわち H および ρ は圧力 P に対して類似の様式に従って変化する。このことは圧縮によるかさの減少と同時に、集団の網状化が集行することを物語る。また上記の結果から ρ は $H^{b/a}$ に比例することがわかる。ここに b/a は、繊維集団の構造と、集団を構成する個々の繊維の特性とによって異なる指数である。同

一種類の繊維から構成されている集団において、もしも一つが他よりも大きい b/a の値を示すならば、その集団は他の集団よりも網状化が進み、繊維配置のランダムネスが高いことを物語る。繊維集団中の繊維が一次元あるいは二次元的に選択的配向を示すときは b/a の値は小さくなり、同じかさのもとにおける見掛けの比抵抗は大きくなる。

次に b/a の値は繊維の個性によって異なる。繊維長が長いほど b/a は大きくなる。またまげかたさ (EI, ただし E はヤング率, I はまげにおける断面の慣性モーメント) が大きいときにも、捲縮度が高いときにも b/a は大きくなり、一定の H のもとでの ρ の値は小さくなる。このことは、 b/a が大きい繊維集団においては、同一のかさのもとでは網状化の程度が大きく、同じ圧縮力のもとではかさが高いことを示す。このように H と ρ とを P の関数として測定することにより、繊維集団の圧縮特性を、集団の構造および繊維の特性との関連のもとに論ずることが可能となる。

第2編は主として実用的特性について述べている。繊維集合体の実用に供せられるときは、最初のかさ以外に、荷重と除重とを繰り返したときのかさの変化と疲労の性質とが問題となる。著者は特別な装置を作成し、荷重と除重とを繰り返しつつ体積を測定し、各回の荷重時の体積、荷重をさらに増加した時の体積、荷重をもとの値に軽減したときの体積、ならびに最終回における無荷重体積を測定し、それらの値から耐疲労性 (荷重と除重とを繰返す際の体積の安定性)、圧縮率 (荷重を増加した場合の体積減少率) および回復率 (荷重を軽減した場合の体積増加率) を測定している。そしてこれらの値の大きいものほど圧縮弾性的性質がすぐれているものと定義し、実在の天然および人造繊維の特性をこの基準によって評価している。

著者は、これらの集団的特性を支配する要素を探究するために、織度 (デニール, 以下 d)、繊維長、捲縮度、ヤング率等を異にするビスコース繊維を製造し、上記の圧縮特性との関係を観察している。またこれらの繊維にメラミン・ホルムアルデヒド樹脂加工を施して改質を行なった場合の効果、ならびにオリング剤の効果についても詳細に調査している。

それらの結果をとりまとめると、繊維長と捲縮度の増加は、第1編の研究から結論される如く、無荷重時の体積を増加する効果をもたらす。とくに捲縮度が増すと、耐疲労性ならびに回復率も向上する。これは明らかに捲縮によって網状化が増進するためであると推論される。最も注目すべきことは、織度の補正を行なったまげかたさ (EI/d^2 , 以下単にまげかたさと記す) がすべての特性に対して最も顕著な影響を与える点である。すなわち最初の無荷重体積、最終回の無荷重体積、耐疲労性、圧縮率、回復率のいずれも皆まげかたさが大きいほど大きくなり、まげかたさは、繊維集団の圧縮特性の向上に対して、最も大きく、最も普遍的に貢献する。これは第1編に述べたように、まげかたさの大きい繊維は網状化された均質な構造をつくる上に有効な性質であることによると推論される。

さらに著者は、上記の種々な繊維から工業的方法で実際に毛布をつくり、その無荷重体積、耐疲労性、圧縮率、回復率等を測定した結果、綿状の集団と挙動と同様に、まげかたさおよび捲縮度の高い繊維ほど圧縮弾性的性質の優れた毛布を与えることを実証している。

第3編において著者は、 EI/d^2 の大きい繊維の製造について記している。著者の行なった一つの試みは、アクリロニトリルを添加したビスコースを紡糸して、シアノエチル化されたセルロース繊維をつく

り、これにメラミン・ホルムアルデヒド樹脂加工を施す方法である。著者はシアノエチル化セルロース繊維を製造する条件を詳細に研究し、適切な条件を選んで半工業的生産を行なった結果を記している。これらの繊維は結晶化度が低く、樹脂加工が行なわれ易く、いわゆる内部樹脂量が高い。シアノエチルセルロース自身が普通のビスコース繊維よりもまげかたさは大きい、樹脂加工を行なったものはさらに高い値を示す。

次に著者は、リボフラビンに触媒としてアクリルアミドをビスコース繊維内で光重合を行なわせ、それをホルムアルデヒドにて処理すると、ポリアクリルアミドが繊維内で不溶化されてまげかたさの高い繊維が得られることを示している。

最後に著者は、まげかたさを向上させる見地から、ビスコース繊維のメラミン・ホルムアルデヒド、尿素・ホルムアルデヒドおよびエチレン尿素・ホルムアルデヒド樹脂加工の条件を詳細に研究した結果、 EI/d^2 を高める上では、メラミン・ホルムアルデヒド樹脂が最も優れた効果を示すことを明らかにし、浸漬液の樹脂濃度、浸漬液のpH、温度、浸漬時間、絞液率、予備乾燥およびキューアリングの時間と温度とについて詳細に研究し、それらと繊維の EI/d^2 との関係を求め、適切な条件を定めて半工業的試験を行なっている。5%の樹脂液を用い、付着樹脂量約3%において得られた繊維の EI/d^2 の値は $5 \cdot 10^{-3} \text{ dynes} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-2}$ 以上に達し、普通ビスコース繊維における $4 \cdot 10^{-3} \text{ dynes} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-2}$ に比べて大きい。これに対応して、かさ、耐疲労性、圧縮率、回復率等の圧縮弾性的特性は普通ビスコース繊維に比べて顕著に優れている。

論文審査の結果の要旨

この論文は、繊維製品のいわゆる弾力的触感と関連の深い圧縮弾性に関し、それを支配する要因を探究して実用的特性を解析するとともに、その基礎的研究に基づいて優れた圧縮弾性をもつ繊維の製造方法の開発について記したものである。

繊維集合体の圧縮に対する弾力的性質は、個々の繊維の特性ならびに繊維相互間の作用に帰せられるが、これらの要因の作用を明らかにするためには、圧縮に伴う繊維集合体の構造の変化に関する知見をうることが必要である。著者はこれを一つの模型実験によって表示することを試みている。すなわちビスコース繊維およびアクリル繊維を高温に加熱することにより、これらを炭化して電気伝導度の高い繊維となし、その集合体の電気抵抗を種々な圧縮度のもとで測定し、繊維間の相互作用を圧縮力の関数として観察している。著者は、あらかじめ一定長の炭化繊維の一定数をもって種々な回路をつくり、その電気抵抗を測定し、繊維間の接点が増すほど回路内に並列的要素が増加し電気抵抗の低下することを示し、実際に繊維集合体内に発生すると考えられる若干の基本的回路に関し電気抵抗の実測値と計算値とが一致することを確め、模型実験としてのこの方法の意義を説明している。繊維集合体を圧縮するときに見られる電気抵抗の減少は主として繊維間の接点の増加に基づく網状化の発達を示唆する尺度に供される。

著者は、解繊された炭化繊維を絶縁性の円筒内に収め、両端に円板状の電極を置き種々な圧力を与えて繊維塊を電極間にて圧縮しつつ、試料柱の高さ H (cm) と、電極間にはさまれた繊維と空気とからなる系の見掛けの比抵抗 ρ ($\Omega \text{ cm}$) とを圧力 P (g/cm^2) の関数として測定している。ここに H は試料の体積

を示す尺度となり、 ρ は網状構造を示す尺度となる。著者の測定結果によれば、種々な炭化繊維について、 H は P^a に逆比例し ρ は P^b に逆比例し (a, b は正の定数)、ともに圧力に対して類似の様式に従って変化する。このことは、圧縮によって繊維集合体の体積の減少と網状化とが平行して起こることを物語る。この結果から ρ は $H^{b/a}$ に比例することがわかる。ここに b/a は繊維集合体の構造と、それを構成する個々の繊維の特性とによって異なる指数である。同一種類の繊維から構成されている集合体において、もしも一つが他よりも大きい b/a の値を示すならば、その集合体は他よりも網状化が進み繊維間の接点が多く、繊維配列のランダムネスが高いことを意味する。次に b/a の値は繊維の個性によっても異なる。繊維長が長くなるとともに b/a が大きくなる。またまげかたさ (EI, E はヤング率、 I はまげにおける断面の慣性モーメント) が大きい繊維ならびに捲縮度の高い繊維はともに大きい b/a の値を与え、それらの繊維の集合体は同一のかさのもとでは網状化の程度が高く大きい反撓力を示し、同じ圧力のもとでは大きいかさをもつことを示す。このように H と ρ とを P の関数として測定することにより繊維集合体の圧縮特性を繊維の特性ならびに集合体の構造と結びつけて論ずることが可能となる。

繊維集合体が実用に供せられるときは、最初のかさ以外に、荷重と除重とを繰り返したときの体積の変化と疲労的性質とが問題となる。著者は、綿状集合体の圧縮率、回復率、耐疲労性を定義し、それらの値が大きいほど圧縮弾性的性質がまさとみなし、実在の繊維の特性をこの基準によって評価する一方、繊維度 (デニール, d)、繊維長、捲縮度、ヤング率、繊維度で補正したまげかたさ (EI/d^2) 等を異にするビスコース繊維を製造し、上記の圧縮特性と繊維との関係を求めている。繊維長と捲縮度の増加は、無荷重時の体積を増すだけでなく、耐疲労性および回復率の向上をきたし、網状化が集合体の実用的特性の改良に貢献することを示している。しかし最も顕著な効果を示すものは EI/d^2 であって、これが大きいほど集合体のかさは大きく、圧縮率、回復率および耐疲労性もすぐれ、 EI/d^2 は繊維集合体の特性の向上に対しても最も大きく、最も普遍的に貢献する。 EI/d^2 が集合体の網状度を助成する要素であることを考えると、繊維集合体の圧縮特性は網状構造に負う所が多いと言える。

最後に著者は、 EI/d^2 の高い繊維を製造する目的で、セルロース繊維のシアノエチル化、アクリルアミドのセルロース繊維内重合および種々な樹脂加工法について研究を進め、とくに、適切な条件のもとで行なわれたメラミン・ホルムアルデヒド樹脂加工が EI/d^2 の高い繊維をつくる最も実用的な方法の一つであることを示し、それによってえられたビスコース繊維が、かさ、圧縮率、回復率、耐疲労性にすぐれていることを示している。

これを要するに、この研究は、繊維集合体の圧縮弾性を支配する要因を探究して繊維集合体の実用的特性を解明し、さらにこれらの基礎的研究に基づいて圧縮弾性のすぐれた繊維を製造する技術の開発を行なったもので、この論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。