

|             |                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------|
| 氏 名         | いし くら ひろ き<br>石 倉 弘 樹                                |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 (工 学)                                            |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲 第 26 号                                           |
| 学位授与の日付     | 平成 5 年 3 月 25 日                                      |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当                                     |
| 研 究 科・専 攻   | 工芸科学研究科機能科学専攻                                        |
| 学 位 論 文 題 目 | クレープのしば設計と力学的特性に関する研究                                |
| 審 査 委 員     | (主査)<br>教 授 加 瀬 晋<br>教 授 小 西 孝 教 授 前川善一郎 教 授 秋 山 隆 一 |

## 論文内容の要旨

### 1 研究の目的

強ねん糸を使用して、布面にしばと呼ばれる独特の凹凸を発生させたクレープは、古くから衣料用布地として広く用いられてきている。このしば形状が形成される基本的な機構は、工学的に興味ある研究テーマであるが、今まで深く研究した報告は見られない。本研究では、よこ糸に強ねん糸を挿入した一般的なクレープ（以下クレープと呼ぶ）を対象として、力学的な解析と実験および試作を行い、そのしば形成の基本的な機構を明らかにすることを試みたものである。

またクレープはしばを有することにより、平らな布よりも勝れた着用感を持っている。そこで特に着用感が重要視されると思われる夏衣服用のクレープを取り上げ、しばが着用感を改善するに至る物理的機構を解析した。

### 2 研究の成果

まず引張りを受ける強ねん糸一本のたわみ曲線を、糸を長柱と仮定し、微小変形下で解析した。この結果、強ねん糸はねじりモーメントにより、ねじり座屈を起こしてらせん形を取ることが導かれた。この解析により求めたたわみ曲線とゴム糸を用いた実験結果はよい一致を示し、ゴム糸を用いたクレープでは実際のクレープと類似のしばが発生することが確認できた。またこの解析結果により、実際のクレープ中の強ねん糸がらせん形状であるなど、製造工程での強ねん糸の挙動がよく説明できることがわかった。そこでこれらの結果から、クレープのしばは強ねん糸のねじり座屈により発生していると結論づける事ができた。

クレープのしばが、布中で強ねん糸がらせん形状を取ることににより発生しているとすると、しばの形状は強ねん糸の作るらせんの形と数および隣接する強ねん糸間のらせんの位相差によって決まると考えられる。そこで次に、隣接する強ねん糸間の位相差について検討した。たて糸の引張りによるひずみエネルギーが最も小さい位置に位相差が決まると考え、たて糸とよこ糸の交差点はピンジョイントで、よこ糸間の距離はしば発生前後で変わらないと仮定し、よこ糸が与えられた円らせんを取るとき、位相差によりたて糸のひずみエネルギーが、位相差によりどのように変化するかを、同方向によられた糸が並んだ場合と反対方向によられた糸が並んだ場合について計算した。また絹糸と綿糸を用いて、よこ糸として挿入するSよりとZよりのより方向のシーケンスの長さを様々に変化させたクレープを実際に試作して、隣接するよこ糸間の位相差を調べた。この結果、先のモデルによる計算結果と実際のクレープ中での隣接する強ねん糸間の位相差が傾向として一致する事がわかった。

クレープ中でねん糸が作るらせんの数については、一本の強ねん糸の挙動を解析したときと同様の仮定下で、たて糸による拘束を線形な弾性拘束、よこ糸同士の拘束はよこ糸の並列方向に見かけ上の断面二次

モーメントを大きくすると考え、らせん数を解析的に導いた。この解析結果についても、絹糸と綿糸を用いてクレープの試作をし、併せて強ねん糸のねじりモーメントと曲げ剛性を測定することにより、モデルの妥当性を定性的に検討したが、解析結果と測定結果から試作したクレープ中のらせん数がよく説明できることがわかった。

一方クレープがしほを持つことにより、他の類似用途の布に対して、どのような長所を有するかを、布の機能的な性質が重要視されると考えられる夏衣服用クレープについて調べた。この結果、夏衣服用クレープは、類似用途の織布と編布に対してたて糸方向の曲げ剛性が非常に大きく、類似用途の織布に比べよこ糸方向の引張り弾性率が小さく編布と同等の伸びやすさを持つことがわかった。たて糸方向の曲げ剛性の大きさは、衣服と皮膚の間に空間を作りやすく開口部の多い夏衣服では、着用者を涼しくする効果がある。よこ糸方向の伸びやすさは、ある程度皮膚に追従した伸びを要求される肌着にとって必要な性質であろう。

次に夏衣服用の特徴的な性質であるたて糸方向の曲げ剛性およびよこ糸方向の引張り弾性率とこれらの力学的特性に深く関連すると考えられるしほ形状との関係を検討した。クレープと同じ布規格でしほのない平らな布を直交異方性板と見なし、これを波板形状にしたときのたて糸方向の曲げ剛性とよこ糸方向の引張り弾性率を解析した。夏衣服用クレープに適用する上でクレープの計算上の布厚は、平らな布の実測した布厚と曲げ剛性の測定値から求めた布厚の差により補正した。実際に夏衣服用クレープを試作して測定値と計算値を比較すると、たて糸方向の曲げ剛性は平らな布の弾性定数としほ形状が与えられれば計算により比較的良好に予測できることがわかった。よこ糸方向の引張り弾性率は計算値が測定値に対して大きな値を示し、有効な予測を行うには、試料のしほを発生した布のデータを用いて計算値を補正する必要がある。これは強ねん糸が布中で単に波形をとるのではなく、だ円らせん形状であるためと考えられる。

以上本研究により、クレープ中で強ねん糸が、ねじり座屈を起こすことによりらせん形状を取る理由、隣接する強ねん糸を作るらせんが、一定の位相差になり布面にしほと呼ばれる規則的な凹凸が発生する理由、強ねん糸の配列により発生する凹凸の大きさが変化し、その数が増減する理由などを力学的に説明できた。またクレープの特徴的な布物性を製造工程でコントロールするための基礎資料が得られた。

### 論文審査の結果の要旨

本研究はクレープの布表面に凸形状のしほが発生する力学的な機構について理論解析を行い、ゴム糸を用いた実験から、解析の正当性を裏付けている。さらに強ねん糸をかけたよこ糸により作られるしほの形状が、らせんの位相差により決まることから、布モデルを構築することにより解析している。しほを発生した布の試作実験から、解析モデルの妥当性を検証しており、近似性の高いことを見出している。一方、布中の強ねん糸の挙動を調べるために、実際の布を近似したモデルを構築し、布中の強ねん糸を作るらせん数を理論的に解析計算しており、実験結果との比較から、計算結果の正確性と一致性について考察し、正当性の高いことを条件つきながらも立証している。これらの研究目的と方法はその独自性が非常に高く、価値ある研究と認められる。

他方、強ねん糸の素材、番手、密度、より数などを変化させたクレープを試作し、クレープと類似用途の布の力学的性質を計測して、しほを有することによる布の力学的特徴を明らかにし、クレープしほの特徴並びに性能を把握している。最後に、クレープの断面形状を波形と見なして、波板の力学モデルを設定して、しほ形状と力学的特性との関係を理論的に導出し、実際に試作したクレープの実験値を比較した。この結果モデルの妥当性が立証された。これらの研究は実際の生産工程での有用性が高く、実用性の高い研究と認められる。

以上一連の研究はクレープのしほ設計と力学的特性に関して有用な基礎的データを提唱した。また、しほ実現の定量並びに定性設計と構築の資料をも提示した。