

衝撃圧縮による繊維製品の洗浄

Effect of Impact Force on Fabric Washing

0540429 元木 加世 Kayo MOTOKI

1. 背景と目的

粒子汚れを含んだ汚染布と白布を交互に積み重ね、洗液を含ませた積層布の表層に円柱を落下させて衝撃圧を加えると、汚染布についてはおよそ円柱の接触面の周縁に相当する部分(中央周辺部 B-I)がリング状に明るくなり、汚れがよく落ちることがこれまでに確認されている¹⁾。

また、含ませる洗液の量によっても洗浄効果が大きく異なることを明らかにし、汚れ除去に関係する要因として、横向きの水流と上層部での布の屈曲の二つを提案してきた²⁾。

本研究では、洗剤水溶液の対繊維含有率(以下含水率とする)、および円柱の落下距離を変えて洗浄を行い、洗浄後の汚染布の洗浄効率を算出した。また、高速度ビデオカメラを用いて衝撃時に生じる布の屈曲と水しぶきの様子を撮影し、衝撃圧縮が汚れの除去に関係する要因を探った。

2. 洗浄実験

2-1. 実験装置 衝撃圧縮洗浄装置(試作)

2-2. 実験条件

積層布:複合人工汚染布(洗濯科学協会, 5×5 cm)5 枚と白布(カネボウ綿晒金巾#2023, 10×10 cm)5 枚を交互に重ねたもの

洗剤液:ドデシル硫酸ナトリウム(SDS, 関東化学(株))

0.3 %水溶液 100 mL

含水率:127, 177, 250, 290, 310, 330, 370, 410 %

落下距離:7.9, 15.8, 31.6 cm 落下回数:10 回

すすぎ液:イオン交換水 400 mL

洗浄とすすぎの温度:30±2°C

2-3. 実験方法

積層布を洗剤液 100 mL に 1 分間浸漬し、含水率を調節した後、実験装置の底板上に置き、金属円柱(底面直径 24 mm, 質量 710 g)を 10 回落下させた。次いで、積層布を重ねた状態のまま、イオン交換水 400 mL 中で 1 分間振りすすぎを行い、布を 1 枚ずつばらして自然乾燥させた。積層布には上から 1 ~ 10 の位置番号を付けた。

2-4. 洗浄性評価

ハンディ型分光色差計 NF-777(測定径φ3 mm, 日本電色工業(株))を用いて汚染布の反射率を測定し、その値をケルカムンク式に代入し、K/S値から洗浄効率を算出した。

3. 高速度ビデオカメラによる観察

3-1. 実験装置

高速度ビデオカメラ(FASTCAM-1024PCI, (株)フォトロン)

3-2. 実験条件

積層布:複合人工汚染布(5×5 cm)5 枚と綿白布(10×10 cm)5 枚の一辺を揃え、交互に重ねたもの

洗剤液:ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)0.3 %水溶液

対繊維含水率:127, 177, 250 %

落下距離:7.9, 15.8, 31.6 cm 撮影速度:6000 fps

シャッター速度:1/20000 sec 解像度:512×288 pixel

3-3. 実験方法

積層布を洗剤液 100 mL に 1 分間浸漬させ、含水率を調節した後、実験装置の底板上に置き、金属円柱と積層布との接触部分が半分になるように円柱を落下させた。布の屈曲は積層布断面に、水しぶきは布の端から 7 mm 手前に焦点を合わせ、落下した瞬間を高速度ビデオカメラで撮影した。

4. 結果と考察

4-1. 洗浄後の汚染布の状態

位置番号 3,5,7,9 の汚染布に関しては、Fig.1 に示すように周辺部 C < 中央部 A < 中央周辺部 B-I の順に明るくなっていることが観察できた。

また、位置番号 1 の汚染布については、中央周辺部 B-I のさらに周縁に、中央周辺部 B-I よりは暗く、周辺部 C よりは明るい部位(中央周辺部 B-II)が生じており、二重のリング状に洗浄されていることがわかった。

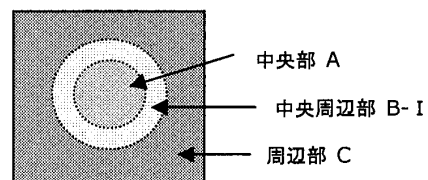


Fig.1 Appearance of the soiled fabric after washing

4-2. 対繊維含水率と洗浄効率

含水率 127~410%では、汚染布の洗浄効率は、いずれの積層部位でも周辺部 C < 中央部 A < 中央周辺部 B-I の順に高い。その中で含水率 127, 177%では、中間層の汚染布の洗浄効率が上層部や下層部と比べて低いが、含水率が 250%を越える洗浄においては、上層部の汚染布ほど洗浄効率が高くなっていることがわかった(Fig.2, 3)。

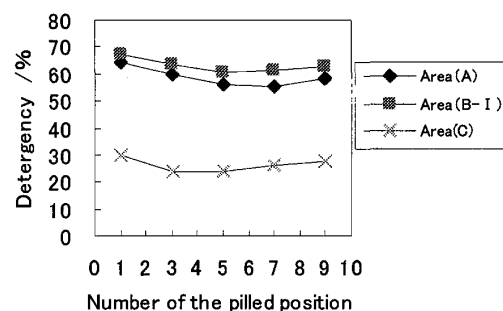


Fig.2 Detergency in each area at the water content of 127% owf (31.6 cm)

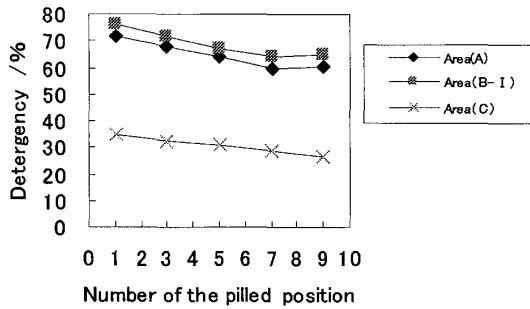


Fig.3 Detergency in each area at the water content of 250% owf (31.6 cm)

また、中央部 A、中央周辺部 B-I の部位においては、どの位置番号の汚染布でも含水率 290 % 付近で極大洗浄効率を示すが、290%を越えると、洗浄効率はいく分低くなる傾向にあり、必ずしも含水率の上昇が洗浄性に正の効果をもたらすとは言えないことがわかった。Fig.4 に例として 1 枚目汚染布の洗浄効率と含水率との関係を示す。

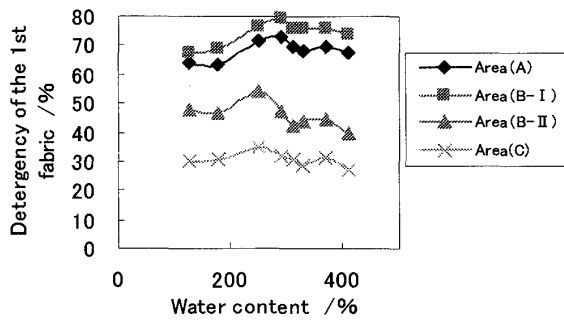


Fig.4 Effect of water content of fabric on detergency at the 1st fabric (31.6 cm)

4-3. 落下距離と洗浄効率

この実験系では円柱が自由落下し、底面に衝突するので、その位置エネルギーが運動エネルギーに変換され、衝突の仕事をすると考えてよい。円柱が持つ位置エネルギー $U[J]$ は次の式で表される。

$$U = mgh \begin{cases} m[\text{kg}] : \text{質量} \\ h[\text{m}] : \text{高さ} \end{cases}$$

そこで、この位置エネルギー、すなわち仕事と 1 枚目汚染布の B-I 部位の洗浄効率との関係を Fig.5 に示す。

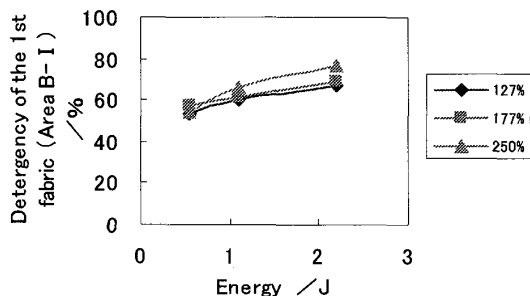


Fig.5 Relation between kinetic energy and detergency at the 1st fabric (Area B-I)

この図から運動エネルギーと洗浄効率の関係には含水率が影響を与えることがわかる。運動エネルギーは布に含まれた水の抵抗や布の屈曲によって消費されることも考えられる。

4-4. 高速度ビデオカメラによる観察と水しぶき面積の測定

汚染布の動きを観察すると、特に最上層での動きが大きく、ちょうど中央周辺部 B-II に相当する部分が最も変化し、屈曲が生じること、含水率が高いほど屈曲が大きいことがわかった。

また、円柱が最上層汚染布に接触してから 13~20 コマ目の撮影画像について、積層布断面の水しぶきの面積を解析ソフト Image J を用いて測定した。Fig.6 に水しぶきの面積と 1 枚目汚染布 B-I の洗浄効率の関係を示す。

落下距離 7.9 および 15.8 cm での水しぶきが一番大きいプロット 2 つを除けば、水しぶき面積と洗浄効率には相関係数 0.97 で直線関係が成り立っている。

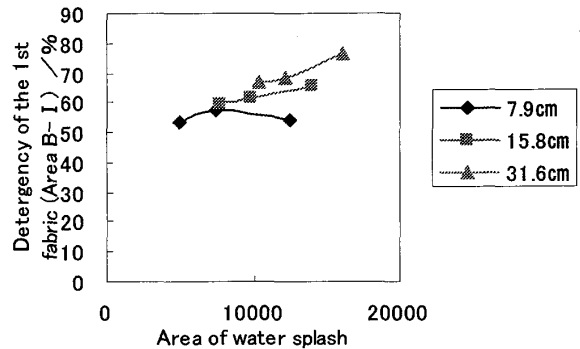


Fig.6 Effect of water splash on detergency at the 1st fabric (Area B-I)

5. まとめ

落下距離が短い場合、水しぶきの大きさは 1 枚目汚染布 B-I の洗浄性に負の効果をもたらす。洗浄効率は位置エネルギーに依存するが、水の量も二次的に関与することがわかった。

6. 引用文献

- 1) 落合綾, 駒城素子, 萱場龍一, 長谷川富市, 第 15 回繊維連合研究発表会講演要旨集, 91(2002)
- 2) 駒城素子, 澤村智子, 長谷川富市, 萱場龍一, 繊維学会年次大会予稿集, 59(3),101(2004)

<発表状況>

- (1) 第 37 回洗浄に関するシンポジウム, 66-69(2005)
- (2) 生活工学研究, 8(1), 138-139(2006)
- (3) 第 38 回洗浄に関するシンポジウム, 39-42(2006)
- (4) 生活工学研究, 9(1)投稿中(2007)
- (5) 繊維学会年次大会発表予定(2007)

(指導教員 駒城素子)