

1. ウェブハンドリングとコンバーティングプロセス

ウェブとは、図1に示すように、“長くて”、“薄くて”、“フレキシブルな”材料を言い、フィルムに限らず、紙や不織布、金属箔などもウェブと呼ばれる。ウェブの操作方向は、図1に示すように、ウェブの走行方向であるMD方向、ウェブの走行方向に直角なCD方向、ウェブの厚み方向であるZD方向の3方向に分けられる。それぞれの方向における具体的なウェブの操作としては、MD方向は張力制御(tension control)、CD方向はウェブのガイディング(guiding)や拡幅(spreading)、ZD方向はニップ操作(nips)がある。

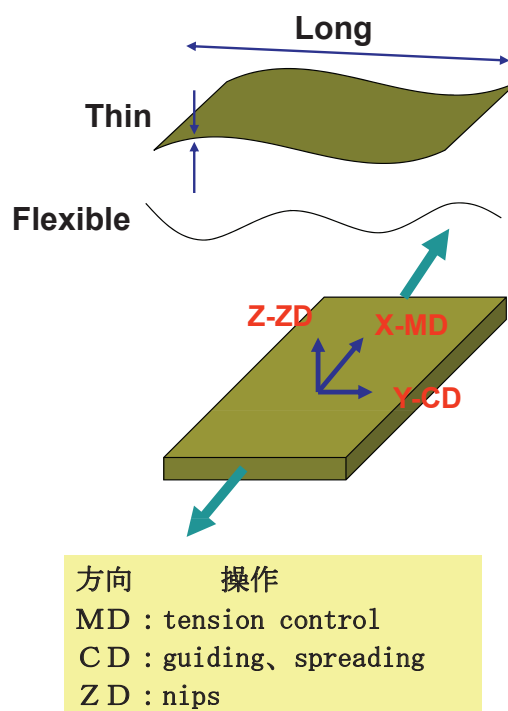


図1 ウェブとウェブの操作方向

ウェブハンドリングは多くのコンバーティングプロセスに関係する。一口にコンバーティングプロセスと言っても多くのプロセスがあるが、例としては、コーティング・乾燥、カレンダーリング、エンボッシング、ラミネーティング、パッケージング、スリッティング、ラッピング、プリンティングなどのプロセスが挙げられる。いずれのプロセスにも共通して言えることは、ウェブを加工して付加価値を与えるプロセスであるということである。ウェブハンドリングは、これらのコンバーティングプロセスを構成する上で基礎となる重要な技術であり、その目的は“最小の欠陥で最大の生産性を得る”ことにあると言えよう。

図 15 に、ウェブ幅 $L=0.4\text{m}$ 、抱角 $\Theta=40^\circ (=0.698\text{rad})$ 、ローラ半径 $R=0.1\text{m}$ 、摩擦係数 $\mu=0.3$ としたときのサクシオン圧差により得られるトラクション力を示す。サクシオンによるトラクション力 F_2 に、張力 200N/m としたときの張力によるトラクション力 F_1 も同時に働いたときの合成トラクション力も併せて記載した。図からわかるようにサクシオンにより得られるトラクション力は非常に大きく、大きな張力カットを得たいときに有効である。

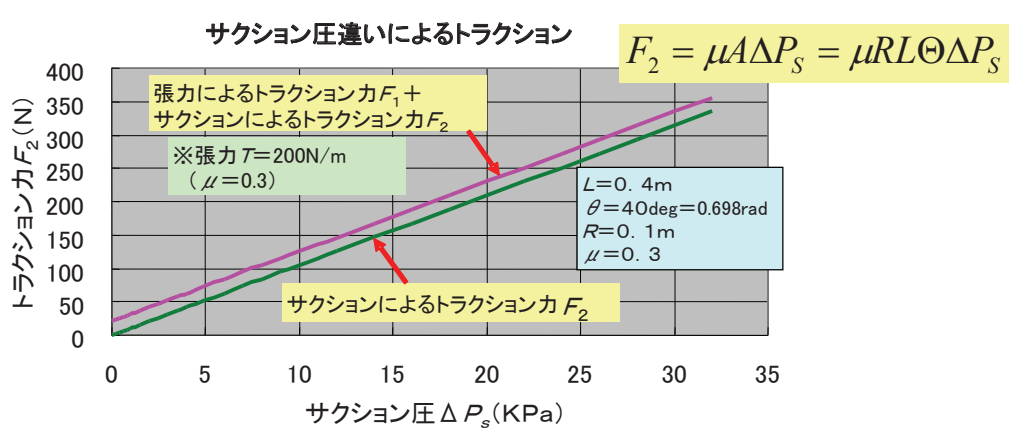


図 15 サクシオン圧差によるトラクション力

4. シワの防止

4.1 シワの形態とウェブ搬送における基本法則

図 16 にシワ発生の様式図を示す。シワはウェブ面内の圧縮による座屈によって生じる。ウェブには弾性があるので、弾性によって復元しよう(シワがなくなろう)とするが、ローラ面内での摩擦抵抗が大きいと復元できずシワが残る。ウェブ厚みが薄いほど復元の弾性力が弱くシワが残りやすく、同様にウェブの弾性率が小さいほどシワが残りやすい。またウェブ中心ほど復元のための摩擦抵抗力が大きいためシワが残りやすい。

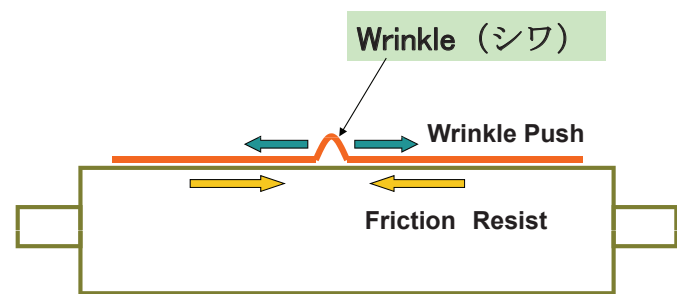


図 16 シワ発生の様式図

空気層厚み h_0 が σ より小さいときは静摩擦領域で、摩擦係数は静摩擦係数とほぼ等しくなる。空気層厚み h_0 が σ の 1 倍から 3 倍の間では、混合潤滑領域となり、空気層厚みの増大に伴って摩擦係数は小さくなる。空気層厚み h_0 が σ の 3 倍よりも大きくなると、流体潤滑領域となり、摩擦係数は 0 となって、ウェブはローラから浮いた状態となる。

6. ウェブ搬送における蛇行の防止

6.1 スリップ開始速度の予測

ウェブ搬送工程における蛇行を防止するためには、ウェブとローラ間でのスリップを抑制することが必要である。3.3 では、ウェブとローラ間の関係が静摩擦領域にある場合についてのスリップ発生条件について解析を行ったが、ここでは空気巻き込みを考慮した場合の解析を紹介する。空気巻き込みによるスリップの発生は、ほとんどの場合、図 27 の混合潤滑領域において発生する。スリップが発生する摩擦係数 μ_{slip} は、図 8 に示したウェブとローラの関係において、以下の式(21)から式(23)までを連立させて μ について解いた式(24)で表される。

$$F \cdot R = f \cdot r \quad (21)$$

$$T_2 - T_1 = F \quad (22)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu\theta} \quad (23)$$

$$\mu_{slip} = \frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{fr}{T_1 R} \right) \quad (24)$$

一方、有効摩擦係数 μ_{eff} は、式(20)の f で表され、混合潤滑領域では、以下の式(25)となる。

$$\mu_{eff} = f \cong f_b \left(1.5 - \frac{h_0}{2\sigma} \right) \quad (\sigma \leq h_0 \leq 3\sigma) \quad (25)$$

また、空気層厚みは式(18)で示されることを前記したが、式(18)においてウェブ幅はある程度大きいものとする、 λ の影響は無視して良いものと考えられる。さらに、ウェブと

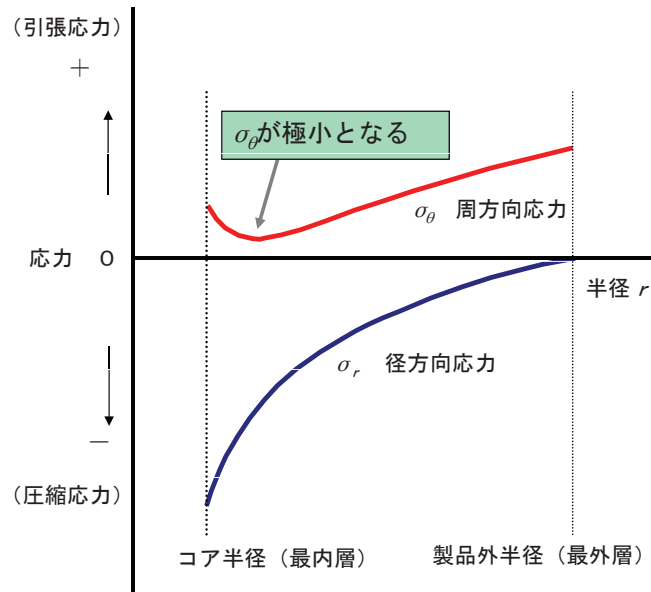


図 46 ロール内部応力プロファイル

9.4 ロール内部応力の解析モデル

ロール内部応力の解析モデルについては、1959年のGuttermannによる論文「Theoretical and Practical Studies of Magnetic Tape Winding Tensions and of Environmental Roll Stability」²⁾くらいに始まって、現在まで数多くのモデルの報告がなされている。解析モデル発展の流れにおいて、その試みを大きく4つの世代に分けて考えると、その分類に関するキーワードは以下のようなものである。

① 等方性と異方性

ロール円周方向と半径方向の縦弾性係数およびポアソン比が等しいものが等方性、異なる値をとるものが異方性

② 線形と非線形

半径方向のひずみ - 応力の関係が線形かそうでないか

③ ディメンジョン、物性の高度化

幅方向を考慮した3次元モデル、粘弾性等高度物性の付加など

9.4.1 等方性モデル(厚肉円筒モデル)

巻取ロールを厚肉円筒として考える初期の等方性モデルの代表的な文献としてはGuttermann(1959)²⁾やCatlowら(1962)³⁾によるもの等があり、近年では道浦(2000)⁴⁾によるモデルがあげられる。この世代のモデルの特徴はそのシンプルさで、そのため取り扱いや