

# テンションリールの力学特性の考察

A Study on the Behavior of Tension Reels

——第 1 報層間にスリップのない場合——

—In the Case that No Slippage Occurs In side the Coil—

鈴木 弘\*・荒木甚一郎\*・阿高 松男\*・杉山 澄雄\*

Hiromu SUZUKI, Jinichirō ARAKI, Matsuo ATAKA and Sumio SUGIYAMA

## 1. ま え が き

ストリップ圧延の際にテンションリールのドラムに作用する巻締力は、ドラムの強度に大きな関係があるが、同時に巻取られたコイルのバックリングにも影響を及ぼす。しかし解析的研究・実験的研究ともに困難であるため、この方面の研究は少ない。<sup>1)2)</sup> したがって著者らは巻締力の測定ができる特殊な構造のドラムを製作し、実験と解析を併せて行ない、テンションリールの力学特性の解明に着手しているが、本報ではその一部分、すなわちコイル各層にスリップのない場合について考察した結果を報告する。

## 2. 計算方法および計算結果

従来の研究ではコイルを 1 個の厚肉円筒とみなして巻締力の計算式を求めているが、著者らの研究ではコイル各層間のスリップの影響を導入し易くするために、ドラム(厚肉円筒)にストリップ(薄肉リング)を逐次かぶせ、釣合の状態では最外層リングの円周方向応力が巻取張力と等しくなる条件で巻締力の計算式を求めた。

### 記号

- $r_1$ : 薄肉リングをかぶせる前の厚肉円筒の内半径 (mm)
- $r_2$ : 薄肉リングをかぶせる前の厚肉円筒の外半径 (mm)
- $T$ : 薄肉リングをかぶせた時の最外層リングの円周方向応力 (kg/mm<sup>2</sup>)
- $E_A$ : 厚肉円筒材の縦弾性係数 (kg/mm<sup>2</sup>)
- $E_B$ : 薄肉リング材の縦弾性係数 (kg/mm<sup>2</sup>)
- $\nu_A$ : 厚肉円筒材のポアソン比(無次元)
- $\nu_B$ : 薄肉リング材のポアソン比(無次元)
- $t$ : 薄肉リングの肉厚(mm)  
(以上は既知量である)
- $u_i$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の厚肉円筒外面の半径方向変位(mm)(負)
- $r_{0i}$ : 第  $i$  番目のリングのかぶせる前の内半径 (mm)(正)

- $r_{02i}$ : 第  $i$  番目のリングのかぶせる前の外半径 (mm)(正)
  - $r_{ij}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の第  $j$  番目のリングの内半径 (mm)(正)
  - $r_{i+1}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の  $i$  番目のリングの外半径 (mm)(正)
  - $P_{ij}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の第  $j-1$  番目と第  $j$  番目のリング間の接触圧力 (kg/mm<sup>2</sup>)(正)
  - $q_{ij}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の第  $j$  番目のリングの円周方向応力 (kg/mm<sup>2</sup>)(引張を正)
  - $\varepsilon_{r ij}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の第  $j$  番目のリングの半径方向歪(無次元)(圧縮を正)
  - $\varepsilon_{\theta ij}$ : 第  $i$  番目のリングをかぶせた時の第  $j$  番目のリングの円周方向歪(無次元)(引張を正)
- 第  $i$  番目のリングをかぶせた時に新たに加わる関係式を示すと次のようになる。

1) 外圧を受ける厚肉円筒の変位を示す式

$$u_i = -\frac{P_{i1}r_2\{(r_2^2+r_1^2)-\nu_A(r_2^2-r_1^2)\}}{E_A(r_2^2-r_1^2)}$$

2) 内圧・外圧を受ける薄肉リングの釣合式

$$(P_{ij}-P_{i+1})r_{ij}=(r_{i+1}-r_{ij})q_j$$

最外層リングでは  $P_{i+1}=0, q_j=T$  となり

$$P_{i1}r_{i1}=(r_{i+1}-r_{i1})T$$

3) 内圧・外圧を受ける薄肉リングの半径方向・円周方向の応力-歪関係式

$$\varepsilon_{r ij}=(P_j+\nu_B q_{ij})/E_B, \varepsilon_{\theta ij}=(q_{ij}+\nu_B P_j)/E_B$$

ただし、 $P_j=(P_{ij}+P_{i+1})/2$

4) 幾何学的関係式

a) 厚肉円筒について

$$-u_i+r_{i1}=r_2$$

b) 薄肉リングについて

$$r_{ij+1}-r_{ij}+t\varepsilon_{r ij}=t, \varepsilon_{\theta ij}=(r_{ij}-r_{0ij})/r_{0ij},$$

$$r_{02i}-r_{01i}=t$$

すなわち、第  $i$  番目のリングをかぶせた時に、新たに加わる未知数の個数は  $4(i+1)$  個で、全未知数は  $\sum 4(i+1)$  個になる。したがって  $i$  番目までのリングをかぶせた時の弾性変形は上述の  $\sum 4(i+1)$  元連立方程式を解け

\* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

研究速報

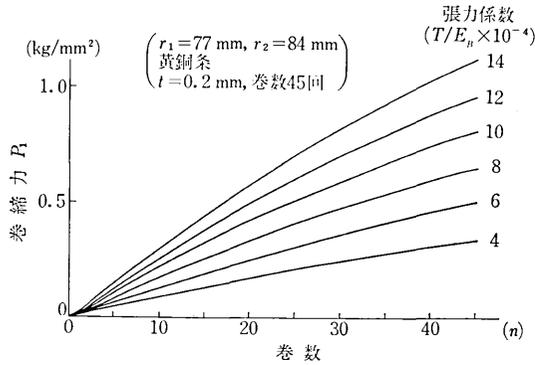


図 1 巻数と巻締力との関係

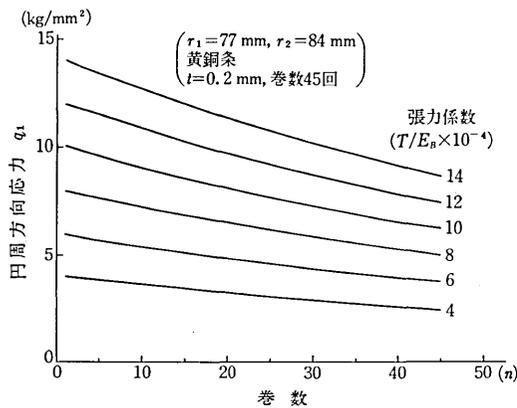


図 2 最内層リングの円周方向応力と巻数との関係

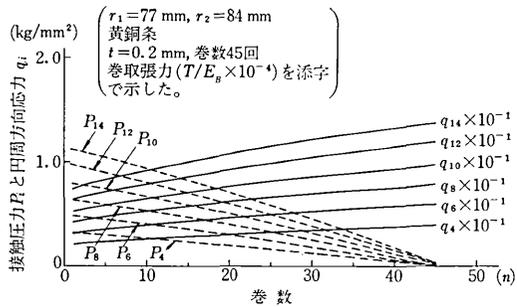


図 3 コイル内の接触圧力分布と円周方向応力分布の一例

ば求めることができる。図 1～3 は内半径  $r_1=77$  mm, 外半径  $r_2=84$  mm の厚肉円筒に肉厚  $t=0.2$  mm の 65/35 黄銅条を巻取する場合の計算結果を示した。

3. 実験方法および実験結果

実験装置として 20 段圧延機のテンションリール装置を利用し、圧延は行なわないで繰出し・巻取りの両巻取装置のみを用いた。また、ドラムの円周方向歪を測定して巻締力を求めるので、均一な変形が得られるように巻取ドラムの構造は図 4 に示すように円筒ドラムとした。

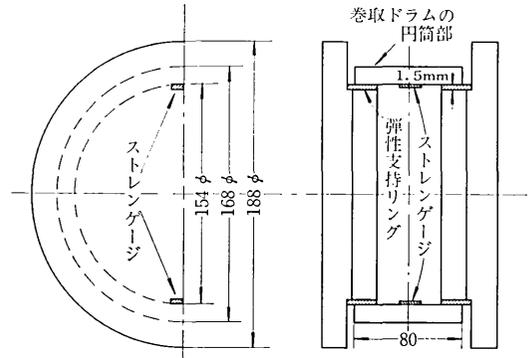


図 4 巻取ドラムの基本構造を示す概念図

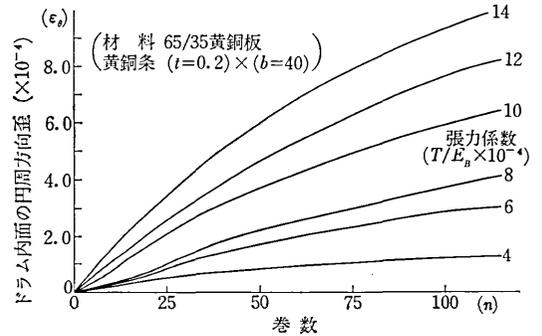


図 5 巻数と巻締力との関係

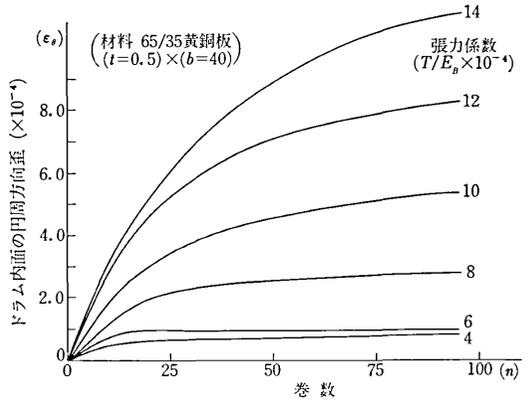


図 6 巻数と巻締力との関係

このドラムの内面の円周方向歪をストレンゲージで検出し、スリップリングを介して取出し巻取中に連続的に測定した。

図 5 は肉厚  $t=0.2$  mm, 幅  $b=40$  mm の黄銅条で巻取実験を行なった結果である。図 6 は  $t=0.5$  mm,  $b=40$  mm の黄銅条の場合である。巻数が増すにつれて巻締力は増加するが、増加する割合が次第に減少する。しかもその傾向は板厚の厚いものほど顕著である。図 7 は実験値と計算値とを比較したものである。張力の低いところでは実験値の方が小さく、張力の高いところでは実

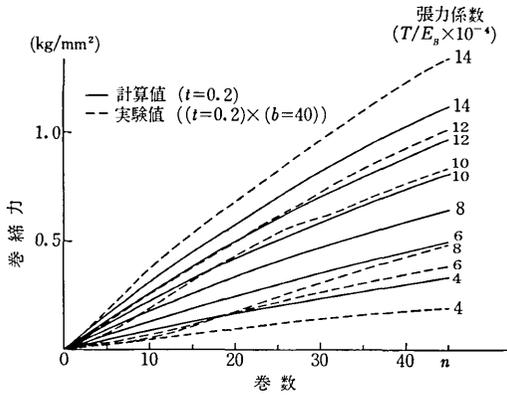


図7 巻数と巻縮力との関係(計算値と実験値との比較)

験値の方が大きくなっている。

#### 4. むすび

解析と実験を併行して行ないテンションリールの力学特性を明かにしたが、本報ではコイルの各層間にスリップが生じない場合の解析モデルを明かにし、また、実験結果と計算結果との比較を行なった。その結果本報の計算モデルによってテンションリールの力学特性の概要を把握することができることが判明した。

(1972年7月3日受理)

#### 参考文献

- 1) 徳永・重松, 住友機械技報, 17-46 (1969-5)
- 2) E. Amann, Kreuzlingen; Aluminium (1963-6)
- 3) 井上・今村・宮副・西川, 三菱重工技報, Vol. 7, No. 1
- 4) 秦・木村・木村, 日立評論, Vol. 50, No. 7

### 次号予告 (11月号)

#### 研究解説

- F 270-30 におけるジョブスタッフシステム ..... 柏本 昌 美  
 渡 辺 信 行  
 新しい多環芳香族化合物“ジビオラントロニル”の合成 ..... 後 藤 信 行

#### 調査報告

- Disclination—新しい格子欠陥— ..... 石 田 洋 一

#### 研究速報

- 高真空中における二硫化モリブデンの摩擦の研究 第8報 ..... 星 本 健 一  
 松 永 正 久  
 最適制御問題における双対性の一考察 ..... 小 林 幹 夫  
 Empirical Relations Among Average Maximum Ground Acceleration, ..... Tsuneo KATAYAMA  
 Earthquake Magnitude and Epicentral Distance ..... Teruyuki UESHIMA  
 ゼラチンゲルを用いた動的光弾性実験方法について ..... 田 村 重 四 郎  
 森 地 重 暉  
 多次元スペクトル解析の地震応答解析への応用について ..... 鈴 木 浩 平  
 原 渡 辺 司  
 林 川 一 昭  
 藤 中 智 明

#### 研究室紹介

- 浜崎研究室 ..... 浜 崎 裏 二