

第22回 竹の子ばね

東海バネ工業(株) 吉田 昌平 志水 友之 上田 三千雄

1. 竹の子ばねとは

長方形断面の板をぐるぐる円すい状に巻いた竹の子のような形状をしたばねである(図1)。荷重特性は円すいばねのように非線形で圧縮するとあるポイントまでは荷重は直線性を示すが、あるポイントより有効コイルが支持面に接着し始め、有効巻数が減少することでばね定数が増大する傾向がある(図2)。荷重は大きいものでは500kN位のものまである。

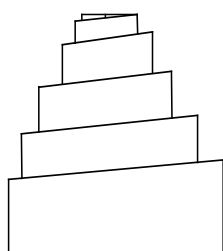


図1 竹の子ばねの外観

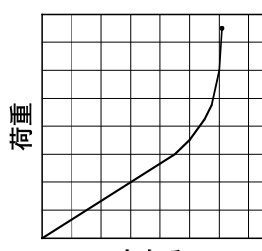


図2 荷重特性

竹の子ばねは他のばねと比較して占める空間容積のわりに大きな荷重、吸収エネルギーを得ることができる。そのため、幅広く色々な目的で竹の子ばねが重要な役割を担っている。例えば、重量物の落下時の衝撃エネルギーを吸収、産業機器が衝突した時の衝撃エネルギー吸収など様々な産業用機械に使用されている。一般的に上部内径に軸が入り、下部外径にガイドが入り機器に組込まれることが多い。製作については、量産のできないばねであるため、職人の製造技術に依存している。

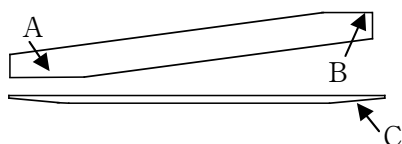


図3 材料展開図

2. 材料加工

材質はSK5・SUP6・SUP10などのばね用板材が多く使用されている。板厚が1mm未満から、30mmを超えるものまで大小様々である。板を竹の子状に巻くので板幅が密着高さとなる。板幅も10mm程度より300mmを超えるものまで大小様々である。展開長も数100mmから3000mm位までである。

- (1) 展開形状は図3のような形状で左右の座巻部分は板厚がテーパ状になっており、内径の巻き始め部と外形の巻き終わり部の形がなめらかな円形になるよう工夫されている。
- (2) 前図A部B部を図のようにカットして、ピッチをつけてコイルングしても、上下面はフラット面になるように工夫されている。

- (3) テーパー状になった部分の端部板厚は約 $1/4t$ (t :板厚)である。通常は板厚が3mm以下の薄い材料はテーパ状にしない場合が多い。
- (4) 両端のテーパ部は内径側、外径側それぞれの座巻部分になる。(図3, C部)

このような材料形状は図3のように、鍛造をする場合と、機械加工する場合がある。板厚が10mmを超えるような厚い材料の場合、鍛造により材料を図4のようにする。鍛造すると材料は少し伸びるので材料の歩留まりはよくなる。

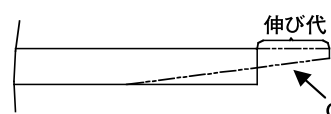


図4 厚い材料の場合

- (5) 竹の子ばねの板間のアキは板厚、巻数と外径、内径により決まる。このとき板幅の大きい場合、材料が反ってすきまがなくなり、摩擦が発生する時がある(図5)。この対策として予め鍛造時に逆に反りをつけておき、巻き取り後、反りを相殺させる。
- (6) 材料の板厚が厚くなると重量が増し、コイルング後巻き取り機よりの取り出しをスムーズに行うため端部に引っ掛け部(図6)を作って取り出す。コイルング後、引っ掛け部は切り落とす。
- (7) 材料にはテーパ部の長さ形状などで他にも様々な工夫がなされている。

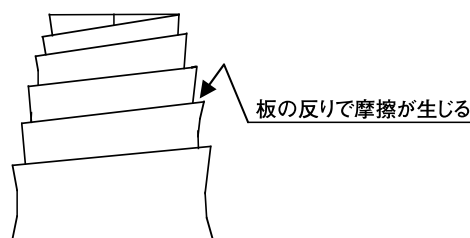


図5 反りの不良例

材料の鍛造についても竹の子ばねの製造と同様、職人の製造技術に依存する面が多く、技術の継承が問題になってきている。



図6 引っ掛け部

3. 芯金の取付け

芯金の選定は熱処理時にコイル内径が縮むことを見越して、芯金を選定する。(図7)

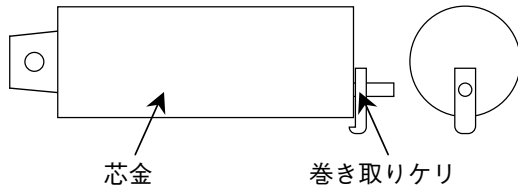


図7 芯金とケリの取付け

芯金の取り付けは、巻き取り時に振れがないように取り付けを行う。

また、芯金にコイルピッチの線を書き込み、巻き取り加工時の目安にする。

4. 先曲げ（ハナ曲げ）加工

材料をばねの内径側になる方の端から全長の1/3程を850～950℃に加熱し、芯金に先曲げケリ(図8)を付けて、1/2巻き程度巻き込みます。

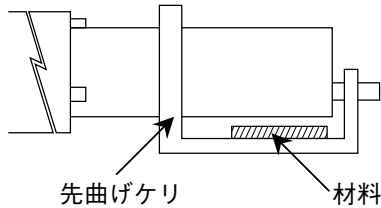


図8 先曲げ加工

5. 巻き取り加工

先曲げ加工した材料を芯金から取り外し、材料全体を850～950℃に加熱します。

芯金に先曲げ部を再度、取り付け、巻き取りケリで固定し、巻き取りを行います。(図9)

ただし、板間ピッチが広い設計の場合は、巻き取り時に、板や砂等を一緒に巻き付けて広いピッチを確保する。

ピッチの送りは手動で行うため、熟練した技術を必要とする。特にピッチの誤差によって、ばねの自由長が大きく変化する。また、荷重特性も微妙に影響を受ける。

例えば、上部側のピッチを狭くし、下部側のピッチを広くするように巻き取ると荷重特性が弱くなり、その逆にすると強くなる。

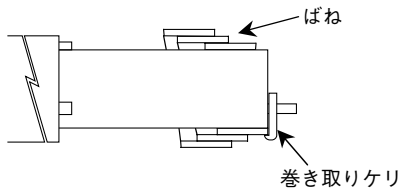


図9 巻き取り加工

6. 焼入れ

板間の隙間のバラツキを修正し、再度加熱後油焼入れを行う。

竹の子ばねは、板間が狭く詰まっているため、冷却効率が悪く、焼入れ油の温度が上昇し易いため、十分に攪拌し適正温度で焼入れを行うことが重要である。

7. 焼戻し

板間の隙間が変化しないように、「クサビ」等を入れて電気炉にて焼戻しを行う。

硬さ測定は、製品では測定し難いため、テストピースにて実施する。

8. 調整

荷重の微調整は、両端の座巻き数によって行う。これはコイルバネと同様で、過去の実績データなどにもとづき、調整する。

9. 検査

寸法検査・荷重検査・外観検査を主に行う。(図10)

板厚は内径側先端部、外径側先端部とも、テーパ状になっているが、内径は最小部より徐々に厚くなり、外径は最大部より徐々に薄くなるので、測定部分はテーパ形状でない部分を測定する。

コイル径の測定は、内径の最小部および外径の最大部を測定する。

荷重は、大小さまざまな竹の子ばねの発生荷重に応じて試験機を選定し、一般的に荷重を基準としてタワミを測定する。

寸法検査では製造寸法詳細を記録して、製造過程を詳細に残すことが重要である。

竹の子ばねは、メンテナンス品が多く、繰り返し注文が来るため、データの蓄積が重要である。次の製作時および類似寸法品の製作時のために、少しでも多くのデータを残し、役立てるかが重要なポイントである。

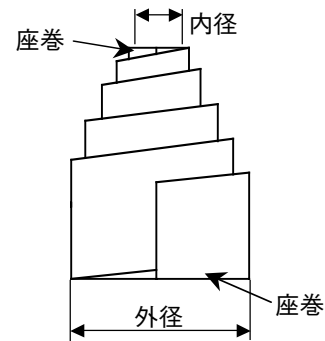


図10 各部名称