

## 第10回 自動車シートベルト用ぜんまい

速水発条(株) 飯田 和正

### 1. 自動車用シートベルト

自動車のシートベルトは、万一の衝突事故に際し、乗員を拘束し保護する装置である。シートベルトは、収納時ドラムに巻かれているシートベルトを引き出すと、ドラムが回転し、ぜんまいが巻かれていき、シートベルトにテンションが付与される。図1に構造を示す。

現在のシートベルトおよびエアバッグは、万一の事故発生時には次のように作動する。

(1)シートベルトプリテンショナ作動、エアバッグ展開  
事故発生と同時に、乗員が拘束されないまま衝撃により前方に加速し、慣性が増大することを防ぐため、火薬などによりシートベルトプリテンショナが作動し、シートベルトのたるみを巻き取り、乗員を拘束しロックする。また同時に、エアバッグが展開を始める。



図1 自動車用シートベルト

### (2) フォースリミッタ作動

強固に乗員を拘束し続けると、鎖骨骨折などの障害が発生する可能性があるため、張力をある一定の力に制限し、乗員をゆっくりと前方に解放していき、その時点で展開が完了しているエアバッグにゆっくりと衝突させる。

このほか、前方をレーダなどで監視し、衝突の可能性があると判断したときに、モータによりシートベルトに断続的にテンションを付与し、乗員に注意を促す機構を備えたものもある。

また、装着時に圧迫感を減じるテンションレデューサと呼ばれる機構を備えたものもある。

### 2. 自動車シートベルト用ぜんまい

自動車シートベルト用ぜんまいに要求されるのは、

(1) タングを引き上げ、保持するだけのトルクを発生し、なおかつ装着時に乗員が圧迫感を感じないようなトルクに抑えること。

(2) 引き出し時と引き込み時のトルクの差（ヒステリシス）が小さいこと。

(3) フルストローク引き出し試験で、5万回以上の耐久性能を持つこと（JIS規格）。

(4) -40 から+85 の環境で正常に作動すること。

(5) 作動時に異音を発生しないこと。

(6) 省スペース、軽量、ローコストであること。などである。

かつては、定トルクぜんまいを利用し、タング引き上げ領域でトルクが高く、装着時にはトルクを低くする方法が用いられたが、定トルクぜんまいの構造上、微小なストロークでもフルストロークでも同一な変形が起きること、また基本的に応力の振幅が大きいことにより、耐久性能を満たせず、現在は接触型渦巻ばね



図2 シートベルト用ぜんまい

(S字ぜんまい)が用いられている。

図2は、ぜんまいを組み付けた例である。なおこの例は、ぜんまいが見えるように樹脂カバーは特別に透明となっている。

### 3. ぜんまいの特徴

#### (1) 材料

材料の板厚は、0.16mmから0.27mm程度、板幅は、6mmから10mm程度である。全長は必要な回転数により異なるが、2500mmから5500mm程度である。

材質としては従来、ばね用ステンレス鋼帯SUS301が用いられてきたが、近年コストダウンのため、炭素鋼SK-5、SK-6相当の材料にパテント処理を施した後、冷間圧延で強度を持たせたPT鋼、また硬鋼線SWRH62Aなどを圧延したフラットワイヤなどが用いられている。

ぜんまいは、一般のばねと比較すると、格段に使用時の応力が高く、表面の最大応力は2000MPaにも達する。また、高強度かつ表面が平滑であり、大規模介在物（20μm程度）などのない清浄度の高い材料であることが求められる。



図3 一次巻

#### (2) 基本形状と特性

S字ぜんまいは、一次巻（図3参照）と二次巻（図4参照）の工程を経て製造される。テンションサイドの材



図4 二次巻後の製品と自由形状

料表面は、一次巻によりまず圧縮応力が付与される。その後低温焼なましにて材料の強度を上げ、若干のセッチングをかねて使用される軸よりも細い二次巻軸で逆方向に巻き取られる。ただし、二次巻軸に巻き取られていくに従って、実使用時の巻き締め径との比率すなわちセッチング量が減少していく(図5参照)。このため、ぜんまいの材料表面には、材料の負荷できる最大応力に近い応力が発生する。

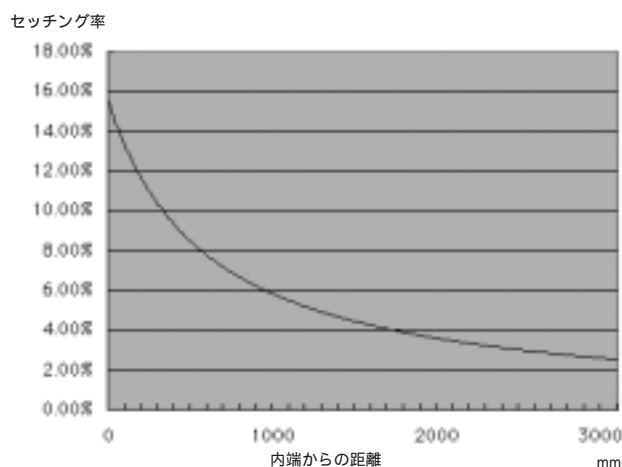


図5 セッチング率の変化の例

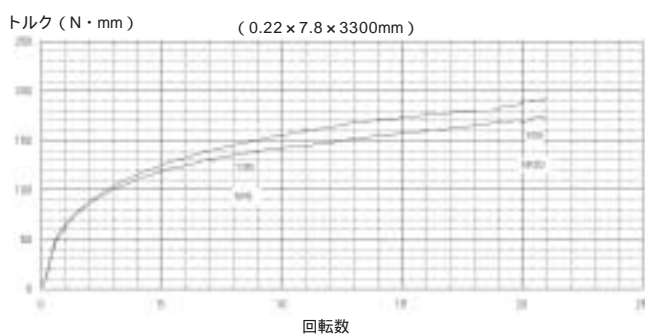


図6 トルク線図

また、ぜんまいのトルク(図6参照)から、表面応力を計算すると、材料の降伏応力より高い応力値となるが、これは一次巻で付与された圧縮応力と表面応力の合算となるからである。

ぜんまいは、その使用範囲において、ケースに密着している部分があったり、シャフトに密着していったりと、巻き上げにともない有効長が変化する。そのため正確なトルクと応力の計算は、数値解析により求めるしかない(図7参照)。

実際の設計では、タング格納時のトルクが最優先で決定される。その後必要な巻取り回転数により、全長を決定する。この際、耐久性能を確保するために、応力振幅を確認することが重要である。

巻上げ時と巻戻し時のヒステリシスを減らすため、外端は固定支持とされる。自由支持だと板間の接触圧が高くなるからである。また、主に作動音低減のためグリスを塗布するが、耐環境性能や耐久性能にも重要な影響を及ぼすので、選定には十分注意する必要がある。

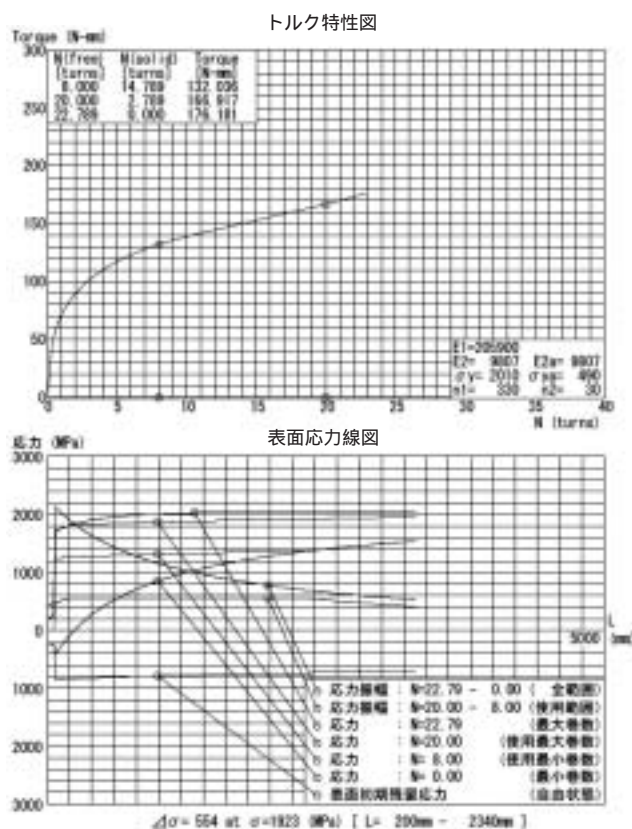


図7 計算例

また最近では、コストダウンや軽量化、環境負荷の軽減のため、材料の高強度化や一次巻時の圧縮応力の増大により、板厚の薄肉化・全長短縮の設計が行われている。

### (3) 今後の課題

前述の通り、材質は炭素鋼が主力になりつつあるが、材料にかかる応力が極めて高いことから、80 の環境でも熱へたりがかなり発生する。また、耐久へたりもある程度発生する。通常のコイルばねであれば、ホットセッチングで対処すべきであるが、ぜんまいは工場出荷時に樹脂部品にセットされているので、ホットセッチングは非常に困難である。また構造上ショットピーニングも困難である。したがって、おのずと材料開発に比重がかかる。高強度、高疲労強度、耐熱性のある材料の開発に期待したい。