

第28回 金属ベローズ式ガスばね・バランス

日本発条株式会社 内田 健

1 はじめに

圧縮気体の圧縮性を利用したガスばねは、金属ばねに比較し小型軽量化が図れる。

ガスばねは、自動車の用途を例にするとエンジン燃料、懸架装置油、ブレーキ油など種々の高圧使用液体に対し、ゴムブラダや金属ベローズなどの軽量な分離膜を介してガス圧力を効率的に使用液体に伝達できるので、自動車の快適性・安全性・燃費の向上に寄与している。

本稿では、自動車以外の用途として鉄道用架線（以下架線）の張力調整装置（バランス）に、金属ベローズ式ガスばねを用いた事例を紹介する。

2 架線の張力調整装置

架線は、鉄、銅、アルミなどの材質であり、外気温度変化による伸縮、クリープ伸び、パンタグラフとの摺動で磨耗することによる弾性伸びなどで張力変化が発生する。その結果、パンタグラフとの離線や張力増大による断線の問題が発生することが推定される。これを防止するために、架線の張力を自動調整する装置が設置されている。

張力調整装置には、滑車式（図1）ばね式（図2）があり、前者は張力を一定にできるが給油などのメンテナンス上の問題がある。また、後者はメンテナンスフリーであるが、張力変化を抑えるには大型化しなければならない問題がある。

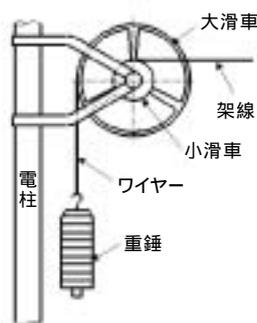


図1 滑車式バランス

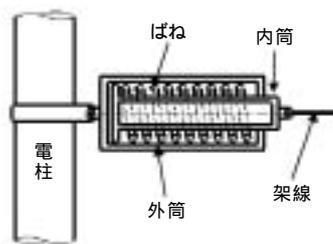


図2 ばね式バランス

上記2タイプの欠点を補うバランスとして、温度変化によるガスの膨張収縮を利用したガスばね式バランスを開発、商品化した。

3 ガスばね式バランスの構造

当社製金属ベローズ式ガスばねの構造を、図3に示す。このガスばねは、厚さ0.15mmのSUS304製金属ベローズをガスの分離膜として使用している点が大きな特長である。

金属ベローズは、蛇腹状に成形された柔軟な機械要素部品であり、伸縮性、ばね性、機密性に優れており、原子力分野から自動車、半導体製造装置とあらゆる分野で用いられている。

特に、当社製金属ベローズは、以下の特長がある。

- (1) FEMを用いた最適形状設計により、小ピッチ形状で抜群の耐久性を有する。
- (2) 自動車部品としてアキュムレータを量産しており、安定した高品質のベローズを供給できる。
- (3) 当社独自の液圧自動成形機により、一体成形山数が多く製造できる。

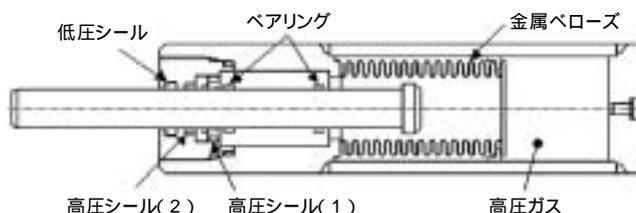


図3 金属ベローズ式ガスばねの構造

当社製ガスばねの特長は、金属ベローズによりガス室と油室に分離され、ロッド摺動部側を油室とすることにより、封入ガスは金属によって完全に密封された構造となっていることである。本構造により、長期間使用してもガス漏れは発生しない。

一方、一般的なガスばねは、封入されたガスをロッド摺動部で直接シールする構造のため、シールとロッド間よりガス漏れが早期に発生し、十分な耐久性が得られなかった。

ロッド摺動部は、高圧シールを二重とすることで油漏れ量を最少にし長期間使用しても性能低下が少なく、メンテナンスフリーを可能とした。

ばね特性は、封入ガスの反力として得られる。ロッドが伸びるとガス室が大きくなりガス圧力が低下し、ばね力は減少する。ロッドが縮むとガス室が小さくなりガス圧力が増加し、ばね力は増加する。ガスばねは、金属製ばねに比べ低ばね定数、大初期荷重が得られる。また、高荷重になるほどコンパクト化、軽量化が可能となる。

前述のガスばねは圧縮ばねであるため、バランスとして使用するには引張りばねとしなければならない。引張りばね構造としたバランスの構造を図4に示す。ばね式と同様に圧縮ばね（ガスばね）を外筒内に内臓し、連結ロッドによって引張りタイプに変換した構造となっている。金属ばね式の場合もばね定数を小さくすれば、温度による張力変化を小さくできるが、ばねが

大きく重くなり実用に供せなくなる。

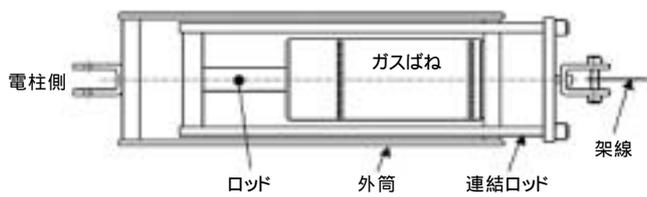


図4 金属ベローズ式ガスばねバルンサの構造

4 バランサの動作と特性

架線が、外気温度変化により伸縮した場合のバルンサの動作について、図5 - 1に金属ばね式の場合、図5 - 2にガスばね式の場合を表す。

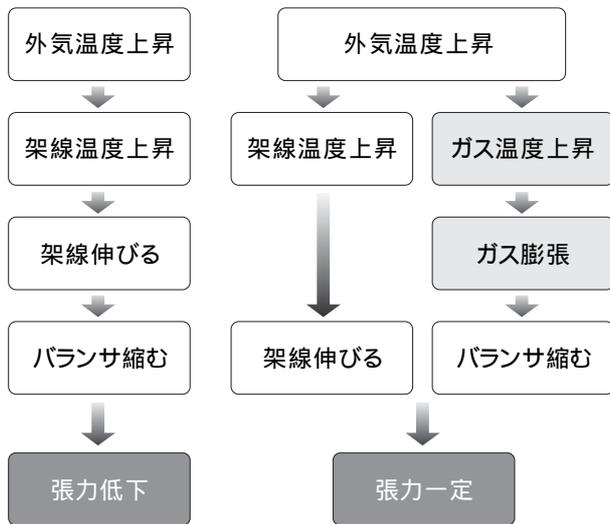


図5 - 1 金属ばね式の動作 図5 - 2 ガスばね式の動作

金属ばね式は、外気温度変化により架線が伸縮した時に、ばね特性で張力変化する。これに対し、ガスばね式はガスの温度変化により張力変化を補正する機能をもっているため、外気温度に関係なく張力を一定に保つことができる。

すなわち、温度変化に対し、金属ばね式は受動的な動きしかできないため張力変化が発生するが、ガスばね式は能動的に動作するため、設計上、張力、一定とすることができる。これが大きな相違点である。

図6に金属ばねとガスばねについて、標準張力34.3kN、架線の長さ800m対応品の外気温度変化に対する張力変化の設計例を示す。

金属ばね式は、外気温度が低下すると張力増加し外気温度が上昇すると張力低下する。これに対し、ガスばね式は外気温度が変化しても張力変化は発生しない。

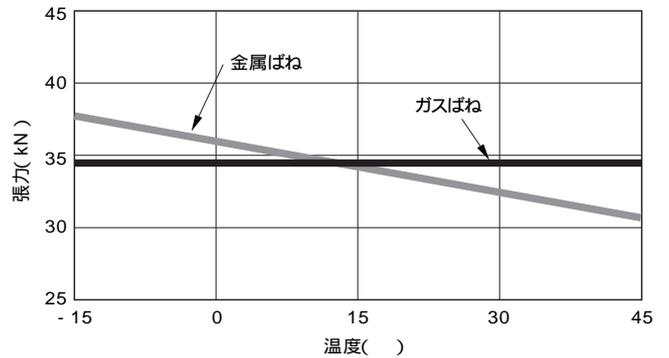


図6 温度と張力との関係

5 バランサの比較

ガスばねタイプと他タイプバルンサの比較を表1に示す。表より、ガスばねタイプは高性能でコンパクト、軽量のバルンサであることがわかる。唯一の欠点は、全長が長くなってしまふことであるが、架線は全長方向に十分な余裕があり問題とならない。

表1 標準張力34.3kN、架線長800mタイプの比較

種別	ガスばね	滑車	金属ばね
ストローク (mm)	920	805	650
張力変化率 (%)	±5	±10	±15
ばね定数 (N/mm)	11.56	-	10.59
取付け長 (mm)	3,260	2,500	2,700
直径 (mm)	216.3	-	318.5
本体質量 (kg)	80	-	340
質量 (kg)	197	995	590
設置簡易性	-	-	-
メンテナンス	なし	あり	なし

6 使用実績

1996年より、東海旅客鉄道(株)をはじめ鉄道各社への納入を行っている。導入後10年経過したものを解体調査した結果、ガス漏れなどなく問題ないことを確認できた。また、市場における不具合発生もなく高信頼性であることを実証できている。

7 おわりに

架線用ガスばねバルンサは、温度変化によるガスの膨脹収縮を利用することで架線張力一定を可能としている。また、高圧ガスにより、コンパクトかつ軽量化が可能となるとともに、当社独自のガスばね構造によりメンテナンスフリーを達成し鉄道各社から好評を得ている。

今後の課題としては、期待寿命25年間の長期間での実績をつけること、また、高信頼性が必要な新幹線用への展開および新用途への展開である。