

鉄道車両用空気ばねの紹介

1. 概要

現在、新幹線や在来線の鉄道車両には、多くの空気ばねが使用されている。ここでは、鉄道車両用空気ばねの基本的な機能や構造、特性について紹介する。

空気ばねは**写真1**のように、台車の車軸の中間に左右に各1個配置され、車体と台車を連結する部品のひとつであり、1両分の車体荷重を4個の空気ばねにより支えている。

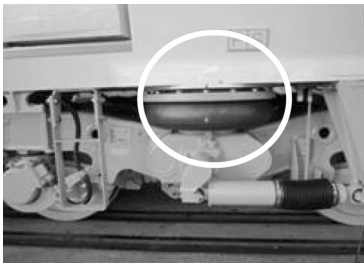


写真1 空気ばね装着写真

空気ばねは空気の弾性を利用したばねであり、金属ばねや、ゴムばねと比べ固有振動数を低く抑える事ができるため防振効果が大きく、上下方向だけでなく水平方向、回転方向の振動絶縁を合わせて行う事ができる特徴を持つ。

また、上下方向の防振効果を増すため、**図1**に示すように、空気ばねの下に補助空気室を設け、空気ばね内部または補助空気室との間に絞りを設けることで、低周波域での減衰効果を高めている。

空気ばねは高さ調整弁と組み合わせる事により、荷重に関係なく、常に高さを一定に保つ事ができる特徴を持つ。上下の荷が増え空気ばねの高さが下がると、高さ調整弁でアэрを供給し、逆に荷が減り空気ばねが高くなると、高さ調整弁でアэрを排出し、高さを維持する構造になっている。

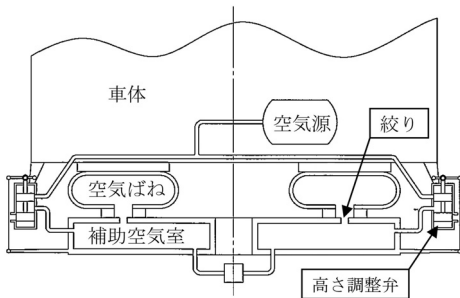


図1 空気ばね装置図

車両がカーブを曲がる時には、**図2**に示すように、台車と車体が捻れる。ボルスターレス台車の場合、空

気ばねで捻れを吸収できるよう、**写真2**で示すような捻れに対し柔軟性を持たせた構造になっている。

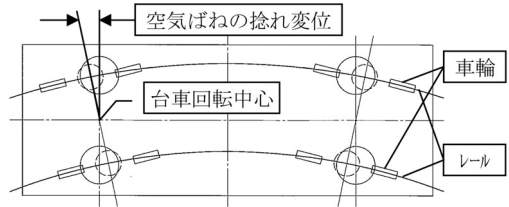


図2 車両のカーブ旋回時の状態図

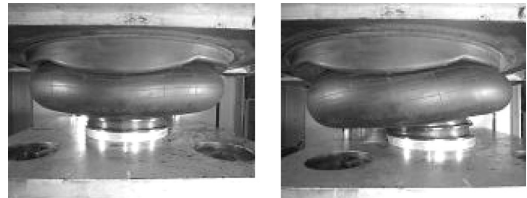


写真2 空気ばねの状態写真

写真2 空気ばねの状態写真

2. 基本原理と特性

空気ばねがある高さで**図3**のように、負荷荷重Wを受け、釣り合っている状態では、空気ばね内部のゲージ圧力Pと負荷荷重Wを受ける有効な面積Aとの関係は式1のようなになる。

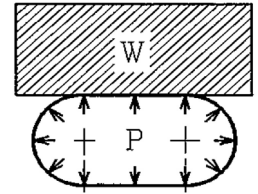


図3 空気ばね原理図

$$W = P \cdot A \dots \dots \dots \text{式1}$$

空気ばねは柔軟な圧力容器に封じ込められた気体であり気体を圧縮する事によりばね作用が発生する。

ばねが圧縮されると内部容積は小さくなり、その結果として気体圧力が上昇する。この関係はボイル・シャルルの法則(式2)で示され、この法則より空気ばねの基本関係式が導き出される。

$$P V^\gamma = \text{一定} \dots \dots \dots \text{式2}$$

この式2より、空気ばねのばね定数は以下のように導き出される。

$$K = \gamma \cdot P_0 \cdot A^2 / V + P \cdot dA/dx \dots \dots \text{式3}$$

- K : ばね定数
- P_0 : 空気ばね内部の絶対圧力
- V : 内容積 dA/dx : 有効面積変化率
- γ : ポリトロープ指数(実験値より得られる数値で、静的では1.0、動的では1.0~1.4にあるが一般的には1.38を用いる)

3. 空気ばねの構造

空気ばねは、要求される上下および捻れ変位、上下方向ばね定数など要求される特性により種々の空気ばね構造がある。ここでは、在来線のボルスターレス台車に使用されている代表的な空気ばねの断面構造を図4に示し、各部品の役割について述べる。

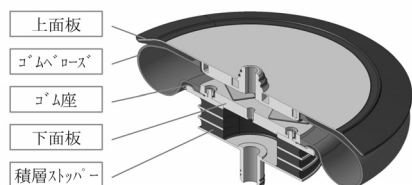


図4 空気ばねの断面構造図

①上面板

車体側との連結と、ゴムベローズのビード部を固定する部品で、金具にゴムを加硫接着させた構造となっている。

中心部には車体側と勘合するボスを設けており、ボスには気密のためのOリング用の溝がある。

ゴムベローズとの接触部にはゴムが被覆されており、ゴムベローズの捻れ変位時の摩擦を軽減し、その形状はばね定数を決定する重要な因子となる。

②ゴムベローズ

空気を封じ込め、柔軟な特性を出す最も重要な部品であり、図5に断面構造の詳細を示す。内層ゴムと外層ゴムおよび、中間のタイヤコード層から出来ており、全体の厚みは5～7mmが標準である。コードの両端部はビード部に埋設されたビードワイヤーに巻きつけられている。タイヤコード層は互いに斜交する簾織りのナイロン繊維が2層または4層有り強度層をなす。内層ゴムは空気の気密を保持し、外層ゴムはコード層を保護する役目をし、耐候性、耐油性、耐薬品性に優れたゴムが使用されている。ビードワイヤーは構成部材に固定する役目を果たす。

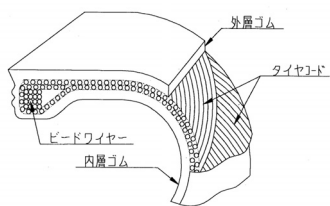


図5 ゴムベローズ断面構造

③下面板

ゴムベローズのビード部を固定する部品であり、上面にテフロン樹脂等の摺動材が取り付けられた構造となっている。

摺動材は、空気ばねにエアーを供給出来ない場合、車体を持ち上げる力が発生せず、上面板と下面板が面接触する事になり、捻れ変位に対応できなくなる事を防止する目的で必要となる。

④ゴム座

ゴムベローズの摩擦を軽減する部品であり、金具にゴムを加硫接着させた構造となっている。

⑤積層ストッパー

台車側との連結と、振れ変位を負担する部品であり、ゴムと金具を交互に積層し、加硫接着させたものである。

中心部には台車側と勘合するボスを設けており、ボスには気密のためのOリング用の溝がある。

上下方向に積層構造となっているため、水平方向の剛性が低くなり、捻れ変位時にはゴムベローズと変位を分担する。また、空気ばねにエアーが供給出来ない場合には上下方向の防振機能を果たす。

その他の空気ばねの構造例として積層ストッパーが無い構造例(図6)および、上面板の断面形状が車両の前後方向と左右方向で異なる例(図7)を紹介する。

図6は、ボルスター付き台車に使用される空気ばねである。ボルスターが捻れ変位を吸収するため、空気ばねの捻れ変位は僅かで、積層ストッパーや摺動材は必要とせず、比較的簡単な構造となっている。

図7は、上面板の断面形状が車両の前後方向と左右方向で異なる空気ばねである。車両の性能上、前後方向と左右方向で異なった剛性を要求される場合にこのような構造となる。この場合、前後方向と左右方向の形状的境界部で、上面板とゴムベローズの摩擦が大きくなるため、両者の間にシート状の摺動材や網目状に編まれたナイロン繊維を入れ摩擦を軽減する構造となっている。

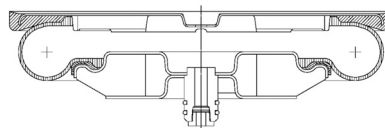


図6 空気ばね構造例1

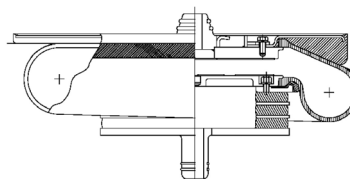


図7 空気ばね構造例2

4. まとめ

鉄道車両用空気ばねの歴史は古く、多くの車両に空気ばねが使用されている。鉄道車両は快適性や安全性の向上、高速化により進化し、空気ばねに求められる要求性能も進化、多様化してきた。今後も、要求される車両性能に合わせ空気ばねの要求もさらに進化、多様化して行くと思われる。

5. 参考文献

JIS E 4206 鉄道車両用ばね装置

(東洋ゴム工業(株) テック製品開発部 垣内 洋一)