

初級講座

鉄道用オイルダンパ紹介

1. 概要

鉄道車両には、新幹線・在来線をはじめ様々なオイルダンパが使用されている。ここでは、鉄道用のオイルダンパの使用例・基本的な構造を紹介する。

例として、新幹線車両を元に説明すると、**図1**のように軸ばねダンパ・左右動ダンパ・ヨーダンパ・車体間ダンパ(**図2**)が最近の新幹線車両に用いられている。

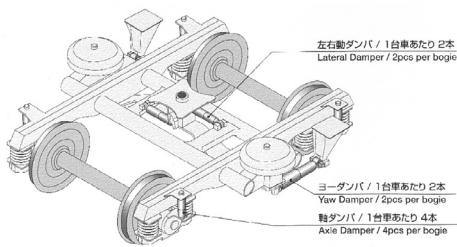


図1 軸ばねダンパ・左右動ダンパ・ヨーダンパ

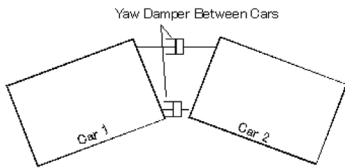


図2 車体間ダンパ(車体上部から見る)

それぞれの用途は、

①軸ばねダンパ(写真1)

台車の軸ばねに並列に取り付けられているダンパで、主にレールの上下のうねり(狂い)による上下振動を減衰する目的で使用される。

②左右動ダンパ(写真1)

車両と台車との中心に取り付けられ、車両-台車間の相対的な振動を減衰する目的で使用される。

③ヨーダンパ(写真1)

車両と台車間に取り付けられ、レールの狂いによる振動を吸収して台車の蛇行を抑制するものである。

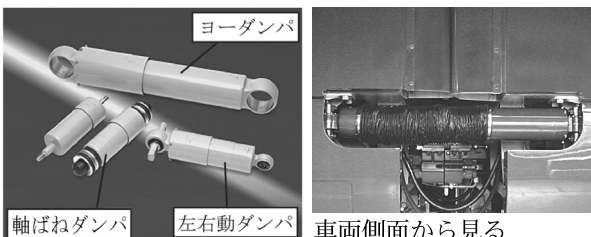


写真1 台車用ダンパ 写真2 車体間ヨーダンパ

④車体間ダンパ(写真2)

名称どおり、車体と車体の間にレール方向に取り付けられ、ヨーダンパと同様にレールの狂いや風圧による、車体間の相対運動を抑制して乗り心地を向上させるものである。

2. 原理と特性の基礎式

単純オリフィスのピストン・シリンダ構造のパッシブダンパの減衰力は、ピストンの作動により油がオリフィスを流れるときにピストン前後で圧力差が生じ、これが減衰力としてピストンに作用して、運動物体への抵抗力となる。式で表せば**式1**の基礎式となる。

〈減衰力の基礎式〉

$$F = 8\pi\mu LA^2 \frac{v}{a^2} + \frac{\gamma}{2g} \cdot \frac{A^3 v^2}{C_d^2 a^2} \quad \text{式1}$$

F: 減衰力
L: オリフィスの長さ
A: ピストン面積
g: 重力加速度
 μ : 油の粘性係数
 C_d : 流量係数

v: ピストン速度
 γ : 単位体積の油の重量
a: オリフィスの面積

基礎式の第1項はオリフィス内の層流の粘性抵抗から生ずる圧力降下による力で、第2項はオリフィス内部または前後で起こる乱流のための圧力降下による力である。通常のパッシブダンパにおいて第1項は小さく、実用上無視しても支障はない。一般的には、第1項を無視し、**式2**のように簡単に表される。

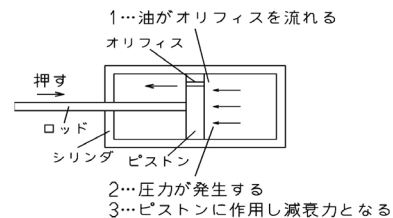


図4 ダンパ簡略図

$$F = C * v^2 \quad \text{式2}$$

F: 減衰力 C: 減衰係数(設定定数)
n: 固定オリフィスの場合: 2
比例バルブの場合 : 1
v: ピストン速度

3. 構造と特徴

鉄道車両用オイルダンパの構造は図4、図5に示すとおりユニフロー構造とバイフロー構造に大別される。ユニフローとバイフローの特徴を表1に示す。

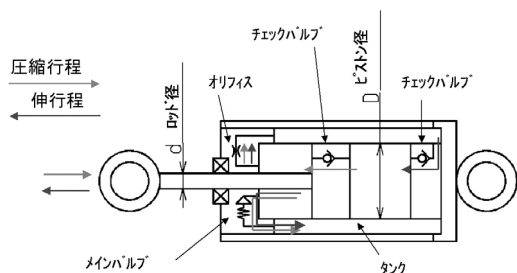


図4 ユニフロー型

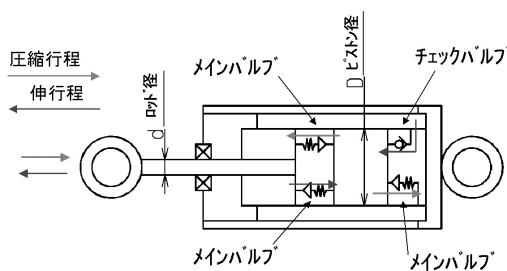


図5 バイフロー型

表1 ユニフロー型とバイフロー型の特徴

	ユニフロー構造	バイフロー構造
油の流れ	一方流れ	伸・圧で独立した流れ
バルブ配置	伸・圧とも同一のオリフィス・メインバルブを使用する	伸・圧で独立したメインバルブを使用
構造	上記理由より構造はバイフロー型より簡単	上記理由より複雑
用途	軸ばねダンパ 左右動ダンパ ヨーダンパ	ヨーダンパ 車体間ダンパ 等、微振動特性を有するダンパに使用される

注:ユニフロー構造では、油の圧縮側圧力室体積がバイフローと比べ大きい、したがって油の圧縮性の影響受けやすく、微振動特性においては減衰力の応答性はバイフロー構造と比較すると遅れる現象があることが一般的に知られている。

しかし、簡素化・メンテナンス上の利点のため多種のダンパにユニフロー構造が用いられている。

参考:ユニフローでは伸・圧同一の減衰特性を発揮させるため、 $2d^2=D^2$ の寸法設定となる。

一般的にダンパの特性を表現する場合、“ピストン変位-減衰力線図”(図6)と“ピストン速度-減衰

力線図”(図7)が用いられる。

さまざまな、車両の乗り心地や走行安定性を満足する減衰力特性に対応すべく、メインバルブ形状を設計している。そのバルブ形状は基礎式(式1)を応用したシミュレーションを実施し決定する。

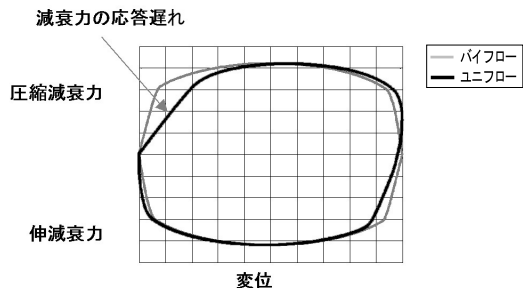


図6 ピストン変位-減衰力線図
(ユニフローダンパとバイフローダンパの特性比較)

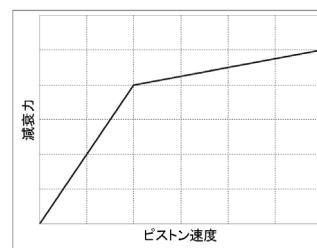
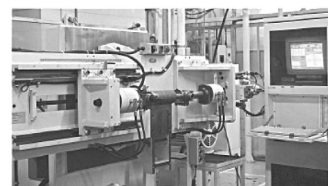


図7 ピストン速度-減衰力線図



ダンパ試験風景

4. まとめ

古くから鉄道用車両にはオイルダンパが使用されてきたが、最近では車両の高速化、台車の構造が大きく変化したことによりヨーダンパ・車体間ヨーダンパ等多種のダンパが採用されている。

より快適な乗り心地・走行安定性・耐久性の要求に対応する各種オイルダンパが求められていくと思われる。

5. 文献

- ・ JIS E 4205

鉄道車両用オイルダンパ-性能通則

- ・ 弊社ホームページ

<http://www.kyb.co.jp/>

(KYB(株) 鉄道・緩衝器設計室 網倉 俊哉)