

3515 走行時のダンパ実働状態と基本特性

Characteristic of oil damper on running vehicle and basic characteristic of oil damper

○五十川 敬司 (JR 西日本)

角井 真哉 (JR 西日本)

山之口 学 (JR 西日本)

真野 辰哉 (JR 西日本)

Keiji ISOGAWA, West Japan Railway.

Shinya KAKUI, West Japan Railway.

Manabu YAMANOKUCHI, West Japan Railway.

Tatsuya MANO, West Japan Railway.

To attempt the riding comfort improve, about oil dampers to think that the influence to give for riding comfort is high, we investigated about the working condition of oil dampers by the running test. We did bench test to understand the characteristic of oil dampers of working condition.

As a result, about the working characteristic of oil dampers, we understood that all kinds of dampers were working at low speed and short stroke. And about the working characteristic of oil dampers, when working in the condition of the low characteristic than design characteristic.

Keyword: riding comfort, damper stroke, damper speed, characteristic of oil damper

1. はじめに

JR 西日本で新快速車両として運用されている 223 系車両は、平成 12 年に 130km/h 運転を開始し、日車走行距離が約 800km また、朝夕のラッシュ時と日中の運用時では、車両積載重量が大きく異なる等といった非常に過酷な条件で使用されている。このような条件で使用されている車両について、サビス向上の観点から乗り心地向上を図るため、223 系車両を使用した現車走行試験により徹底した車両運動メカニズムの解明や台車諸元の最適化に関する取り組みを行っている。また、これまで乗り心地向上のためにバネ・ダンパ系の改善も行われてきたが、乗り心地に対する寄与度については明確な知見が得られていたわけではない。そこでバネ・ダンパ系の中でも特に乗り心地への寄与度が高いと考えられるダンパについて、車両走行時のダンパ特性を把握することが重要と考え、走行試験によりダンパの実働状態について調査を行い、その実働状態でのダンパ特性を把握するためベンチテストを行った。今回はその結果について紹介する。

2. 試験概要

今回は車両走行時のダンパの特性を把握するため、まずダンパの実働状態から調査を行った。この時、車輪踏面形状等、他のパラメータが影響しないように試験条件を設定し、車両走行時のダンパの実働状態や乗り心地について調査を行った。

そして走行試験により得られたダンパの実働状態に基づいてダンパ（左右動ダンパ、ヨダンパ、軸ダンパ）のベンチテストを行い、車両走行時のダンパ特性に関する調査を行った。

Table 1. Running test condition

試験車両	223 系 2000 代 M 車
試験区間	山陽・東海道本線 姫路～草津
最高速度	130km/h
積載条件	空車
測定項目	・車体左右振動加速度（乗り心地） ・ダンパ減衰力及びストローク

Table 2. Oil damper bench test condition

供試ダンパ	新品	223 系用新品ダンパ (左右動ダンパ、ヨダンパ、軸ダンパ)
	経年品	223 系用経年品ダンパ 車両取付け後約 100 万 km 走行相当のもの (左右動ダンパ、ヨダンパ、軸ダンパ)
試験条件	ストローク	ダンパ実働ストロークを基に決定
	ピストン速度	ダンパ実働速度を基に決定
	ダンパ拘束方法	・剛体取り付け（ダンパ本体を拘束） ・ピン取り付け（実車状態で拘束）
	温度環境	低温（0℃）、常温（27℃）、高温（50℃）

3. 解析方法

走行試験及びダンパベンチテストから得られたデータについて、以下の方法で解析を行った。

- ① 走行試験で得られたデータから各ダンパのストローク及びピストン速度等の実働状態について整理を行った。
- ② 新品及び劣化ダンパについて、ストローク毎に減衰力特性線図（F-V 線図）を描き、ダンパの基本特性を確認した。

4. 試験結果

4-1. ダンパの実働状態

走行試験を行った区間の中から比較的乗り心地レベルが高かった、直線 130km/h 走行区間及び曲線半径 600～1200m、速度約 100km/h で走行する曲線のダンパの実働状態についてデータ整理を行った結果以下の通りであった。この時の車両運動特性は、1.2Hz のヨーイングモードが顕著であった。

- ① 左右動ダンパ
ストローク：1～10mm、ピストン速度：1～4cm/sec
- ② ヨダンパ
ストローク：0.1～5mm、ピストン速度：0.1～1.2cm/sec
- ③ 軸ダンパ
ストローク：0.5～5mm、ピストン速度：1～3cm/sec

4-2. ダンパ基本特性

各ダンパについて、実働条件を基に試験ストロークを変化させて特性試験を行った。

(1) 新品ダンパの基本特性

新品の左右動ダンパについてダンパストロークを実働条件から $\pm 0.5\text{mm}$ 、 $\pm 2.5\text{mm}$ 、 $\pm 5\text{mm}$ 、 $\pm 15\text{mm}$ の4パターン設定し、ピストン速度を可変させた時のダンパ特性をFig.1に示す。ストロークが $\pm 2.5\text{mm}$ 以上だとほぼ設計値に沿った形で特性が発揮されている。しかし、 $\pm 0.5\text{mm}$ のような微振幅の場合は、他のストロークに比べ圧縮側低速域で約4割低下していた。主要要因として、ダンパオイルの圧縮性による影響（高周波による追随特性の低下）と考えられる。

これは左右動ダンパのみだけでなく、新品のヨーダンパ、軸ダンパについても同様の傾向が見られた。

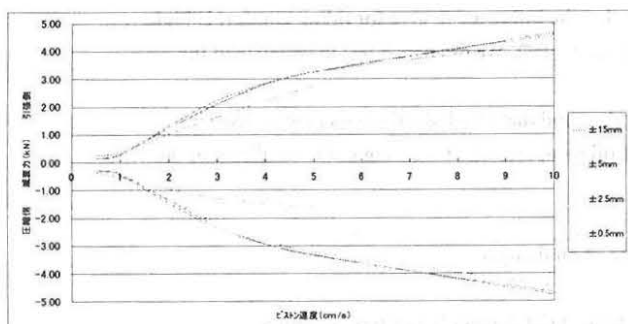


Fig.1 Characteristic of lateral oil damper (new)

(2) 経年品ダンパの特性

経年品の左右動ダンパについて、新品時と同様に特性試験を行った。その結果、経年品は長期使用によりダンパ内部の摺動部品の摩耗、オイルの劣化が進行しているため新品時の特性に対して数%低下している。しかし設計値に対する公差範囲に納まっているため問題のない程度である。また新品ダンパと同じように $\pm 0.5\text{mm}$ の微振幅で試験を行った結果、圧縮側低速域で約6割低下していた。経年品のヨーダンパ、軸ダンパについても低下度は異なるが、同様の傾向が確認された。

(3) ダンパゴムブッシュの影響を考慮したダンパ特性について

ダンパ取付け部にはゴムブッシュが設けられている。ダンパの基本特性を把握する上でゴムブッシュのパラメータは重要であるが、ダンパ特性に及ぼす影響度合いについてはあまり明確にされていないことから、ゴムブッシュの特性を考慮した場合、しない場合のベンチテスト結果を比較することによりその影響度について確認を行った。

新品ダンパについて、ゴムブッシュの影響を考慮した場合としない場合では、ゴムブッシュがダンパ特性に及ぼす影響はなく、特性はほぼ同じ結果を示した。経年品ダンパについても同様に、ゴムブッシュの影響を考慮した場合としない場合のダンパ特性について試験を行った。その結果をFig.2に示す。経年品ダンパについては新品時と異なり特性の立ち上がり部分（オイル特性領域）にゴムブッシュの影響と思われる特性の低下が確認された。これはダンパの長期使用によりゴムブッシュのばね定数が変化したためであると推定されるが、詳細については現在調査中である。

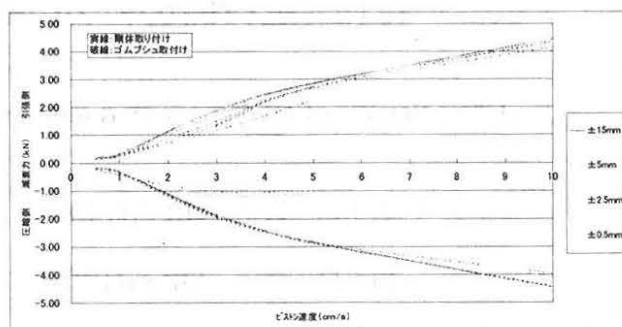


Fig.2 Characteristic of lateral oil damper (used)

(4) ダンパオイルの温度変化によるダンパ特性について
ダンパオイルに温度変化が生じた場合のダンパ特性について新品のヨーダンパを使用して調査を行った。その結果をFig.3に示す。

新品ダンパの場合、ダンパオイルの油温が低温（0℃）、常温（27℃）、高温（60℃）のように温度が上昇するにつれてダンパ特性は、減衰力が低下する傾向を示した。しかしいずれの温度もダンパ特性の設計規格値に対して公差の範囲内に納まった。

また経年品ダンパについても新品時と同様でダンパオイルに温度変化が生じた場合、温度上昇とともにダンパ特性は減衰力が低下する傾向にある。しかし新品ダンパと異なる点は、長期使用により常温状態においても設計値に対して特性が約1割低下していたことであり、この状態でオイル温度が上昇すると更に特性が低下するため、オイル温度が高温状態においては設計値に対して3割低下し規格を外れる結果となった。

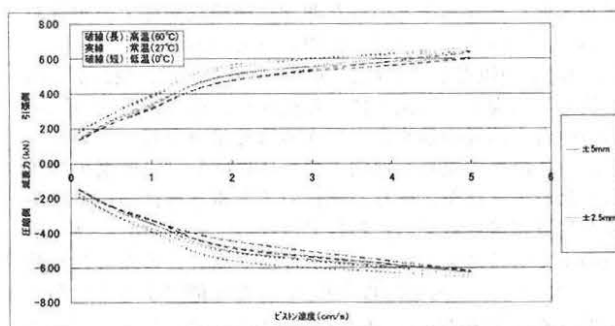


Fig.3 Characteristic of anti yaw oil damper (new)

5. まとめ

乗り心地に対するダンパの寄与度を調査するため、走行試験を行った区間の中から比較的乗り心地レベルの高かった直線130km/h区間及び曲線半径600~1200m、速度約100km/h区間でダンパの実働状態を調査した結果、各ダンパとも微振幅、低速の領域で動作していることが明らかになった。さらに、これらの結果を基にダンパの実働特性についてベンチテストを行ったところ、走行時のダンパが実際に動作している微振幅、低速の領域では微振幅以外の時に発揮される特性よりも低い特性で動作していることが明らかになった。微振幅以外の場合については、ピストン速度に関係なく設計値とおりの特性が発揮されている。

また、これらの結果が乗り心地に及ぼす影響については、現在試験等で調査を行っている。

最後に今回の走行試験及びベンチテストとデータ整理を行うにあたり、トヨタ株式会社殿より多大なご協力を頂いたことに謝意を表します。