

新幹線車両の乗り心地向上

浅野 浩二* 岩波 健* 佐々木浩一*

E2系新幹線の高速走行時の乗り心地向上を目的として、車体間ダンパ装置、牽引装置の取付け高さ変更、非線形空気ばね装置の性能確認試験を行い、その効果を検証した。

これらの試験により、車体間ダンパを装着した場合は、装着していない場合に比べて、最後尾車で最大3 dB程度、中間車で最大4 dB程度の左右乗心地レベル低減効果であった、牽引装置取付高さ変更した場合は、現行の牽引装置高さの場合に比べて、上下乗心地レベルで最大で1 dB程度の低減効果であった、非線形空気ばねを装着した場合は、装着していない場合に比べて、左右定常加速度で最大0.07 m/s²の低減効果であった等の結果を得ることができた。

キーワード：乗り心地、新幹線車両、左右振動加速度、車体弾性振動

1 はじめに

従来より、新幹線電車の高速化、高品質化に対する取り組みが行われてきているが、車両の振動乗り心地は、この高品質化（快適性向上）にとっては、重要なファクターとなる。

乗り心地向上を目指した技術開発としては、台車のサスペンション系の改良、アクティブ振動制御、車体弾性振動抑制対策、さらに軌道系の対策等様々な試みがなされており、その成果のいくつかはその後の営業車両に反映されてきた。

しかし、車両営業速度の向上、お客様の乗り心地に関する要求程度の向上などより、現状以上の乗り心地レベルを達成するための方策の検討が必要となってきている。

そこで、当社の主力新幹線車両であるE2系新幹線の高速走行時の乗り心地向上を目的として、車両相互の動揺を抑える車体間ダンパの装着、曲線通過時の左右振動加速度を低減する非線形空気ばねの装着、車体ビビリ振動に関係する台車から車体への振動伝達低減のために牽引装置高さ変更を行い、その効果を検証する性能確認試験を行った。

本報告では、これらの試験概要及び試験結果について述べる。

2 乗心地向上対策の概要

2.1 車体間ダンパ

新幹線等の高速車両では、編成位置により左右動揺の程度が異なり、後尾側が大きくゆれる場合が多い。

新幹線の高速化に際して、編成列車の後尾側の左右動揺低減による乗心地の向上が必要であり、この対策として車両相互間の動揺を抑えることを目的とした車体間ダンパが開発された。

今回の走行試験では、車体間ダンパの装着位置を、下り方向走行時に後尾側となる、1号車と2号車間および2号車と3号車間として、左右動揺低減効果の確認を行った。

車体間ダンパの装着状況を図1に示す。

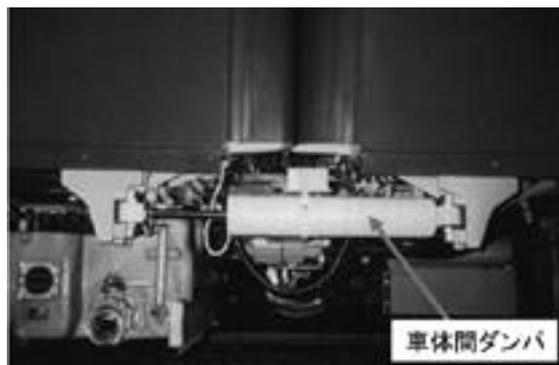


図1：車体間ダンパ装着状態

2.2 牽引高さ変更

車体の弾性振動は、台車の振動が牽引装置を通して車体に伝達することによって引き起こされるものと考えられる。

理論的には、台車のピッチング中心と牽引装置の高さが一致していれば台車のピッチング振動が車体に伝わらないと考えられるが、台車の構成により、適切な位置にすることは困難である。

本試験では、車体弾性振動低減に効果的な位置に牽引装置高さを調整し、振動低減効果を確認した。

牽引高さを変更した状態を図2に示す。



図2：牽引高さ変更状態

2.3 非線形空気ばね

車両が曲線区間を高速度で通過する際、車体は遠心力によって曲線外側に傾き、車体左右動ストッパ当りが発生すると衝撃的な振動が発生して乗心地を悪化させる。この車体左右動ストッパ当りを抑制するため、非線形空気ばねを装着した。

非線形空気ばねの外観を図3に、特性図を図4に示す。

非線形空気ばねは、空気ばね外筒が左右に大きく張り出しており、中立時はダイヤフラムと接触しないが、曲線部を高速度で通過する場合のような左右方向大変位時には外筒とダイヤフラムが接触して左右方向反力が増加し、車体の左右変位を抑制する。

今回の試験では、1号車の2台車に非線形空気ばねを装着して、左右定常加速度の低減効果を確認した。



図3：非線形空気ばね

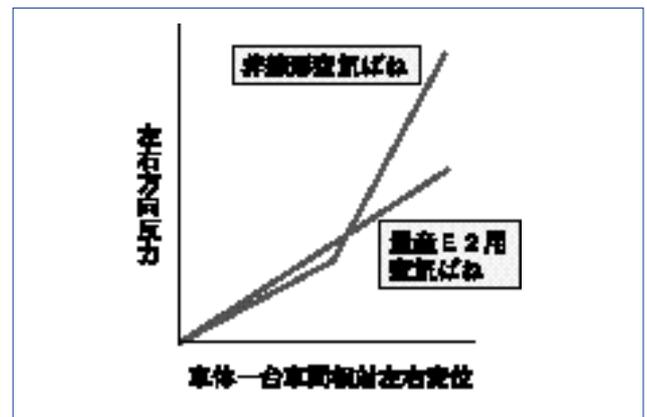


図4：非線形空気ばね特性図

3 試験概要

試験概要を以下に示す。

試験スケジュール：2001年4月4～18日

試験区間：東北新幹線 仙台～北上間（下り）

試験車両：E2系1000番代J51編成（8両編成）

試験最高速度：320 km/h

乗り心地対策箇所及び測定箇所（図5）

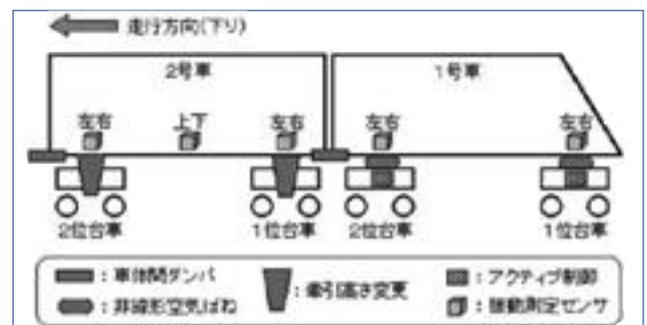


図5：乗り心地対策箇所及び測定箇所

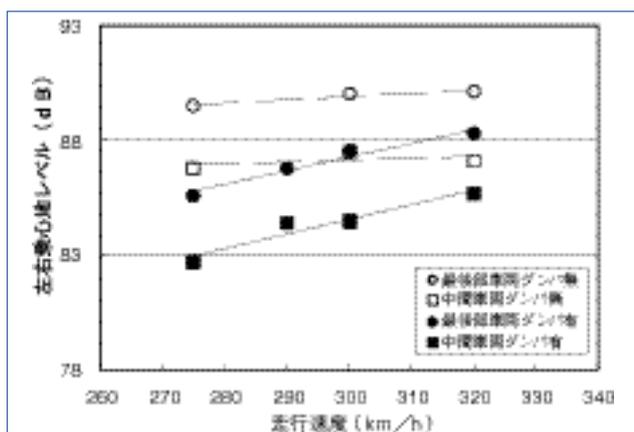


図6：左右乗り心地レベル

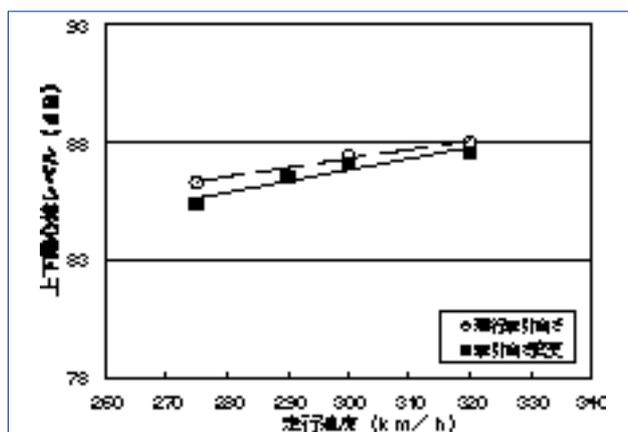


図7：上下乗り心地レベル

4 試験結果

4.1 車体間ダンパ

前述のように車体間ダンパは、走行方向（下り方向）の際に最後尾となる1号車と2号車間及び、2号車と3号車間に装着した。

走行試験においては、最後部車両（1号車）及び中間車（2号車）の1位台車、2位台車上床面左右振動加速度を測定した。車体間ダンパの効果確認のために、車体間ダンパを装着した状態と、外した状態における左右方向乗り心地レベルの比較を行った。

高速試験区間（キロ程360K～370K）における、車体間ダンパ有りの場合と無しの場合の車体床面左右乗り心地レベルの比較を図6に示す。

同じ部位の台車上床面の乗り心地レベルを比較すると、車体間ダンパ有りの場合の方が無しの場合より低い数値となっており、最後部車両では車体間ダンパ無しで89.8dBに対して車体間ダンパ有りで86.8dBに（-3dB）、中間車両では車体間ダンパ無しで86.7dBに対して車体間ダンパ有りで82.7dBに（-4dB）低減した。しかし、走行速度の上昇に伴い、低減効果は少なくなる。

4.2 牽引高さ変更

牽引高さを変更した部位は、2号車の1位及び2位台車である。シミュレーション計算により、牽引高さを現

状より75mm低い位置に設定した。

走行試験においては、2号車の車体中央床面上の上下振動加速度を測定した。牽引装置高さ変更の効果確認のために、牽引装置高さを変更した場合と現行の牽引装置高さの場合の振動データの車体床面上下方向乗り心地レベルの比較を行った。

高速試験区間（キロ程360K～370K）における、牽引高さを変更した場合と現行牽引高さの場合の上下乗り心地レベルの比較を図7に示す。

牽引高さを変更した場合は、現行牽引高さの場合に比べて、最大で約1dBの上下乗り心地レベルの低減効果であった。

4.3 非線形空気ばね

非線形空気ばねを装着した部位は、最後部車両である1号車の1位及び2位台車である。

走行試験においては、車体床面上の左右振動加速度を測定した。非線形空気ばねの効果確認のために、非線形空気ばねの場合と現行空気ばねの場合の左右定常加速度を比較した。

高速試験区間内のR4000m曲線を通過する際の左右定常加速度の比較を図8に示す。

非線形空気ばねを装着した場合は、現行空気ばねの場合に比べて、左右定常加速度において最大で0.07m/s²程度の低減効果であった。今回の試験では、車体-台車

間の左右動ストッパ間隔を現行 E 2 系のまま (20mm) としたため、高速走行時にストッパ当りが発生していた。非線形空気ばねの効果を更に高めるためには、左右動ストッパ間隔を拡大する等の検討を行う必要がある。

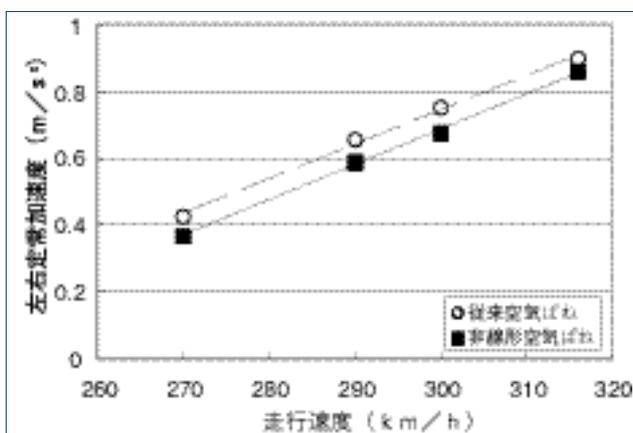


図8 左右定常加速度

5 まとめ

E2系1000番代試験走行において、乗心地向上対策として、車体間ダンパ、牽引装置の取付け高さ変更、非線形空気ばねを装着して、性能確認試験を行った。その結果、以下の結果が得られた。

- 1) 車体間ダンパを装着した場合は、装着していない場合に比べて、最後尾車で最大 3 dB 程度、中間車で最大 4 dB 程度の左右乗心地レベル低減効果があったが、速度の上昇に伴い、その効果は少なくなる。
- 2) 牽引装置取付高さ変更した場合は、現行の牽引装置高さの場合に比べて、上下乗心地レベルで最大で 1 dB 程度の低減効果であった。
- 3) 非線形空気ばねを装着した場合は、装着していない場合に比べて、左右定常加速度で最大 0.07 m/s^2 の低減効果であったため、左右動ストッパ間隔などの見直しが必要である。