

可変減衰軸ダンパによる 鉄道車両の上下制振システム

最近の新幹線電車では、振動制御装置などによって左右方向の振動が低減されて乗り心地が向上した結果、相対的に上下振動が大きく感じられる傾向がみられ、列車のさらなる乗り心地向上を行うために効果的な上下方向の振動低減手法が必要とされつつあります。

とくに、最近の新幹線電車の上下方向の乗り心地向上のためには、主に車体が上下方向に変形することによって発生する8～12Hzの振動の低減が効果的と言われています。その振動の代表例として、車体長手方向の中心の変形量が大きく、空気ばねよりやや車体中心寄りには全く変形しない前後対称の形状をもつ、“車体1次曲げ振動”があげられます(図1)。

この振動を低減するために、これまでに様々な対策が提案されてきました。それらを大きく分類すると、“曲げ振動を起こしにくい車体とするもの”と、“制振に必要な力を車体に直接加えて振動を抑制するもの”の2通りがあります。これに対して本発明は、“車体の1次曲げ振動を引き起こすような振動が車体に加わらないようにする”こと

によって、車体の振動を効率よく低減させるものです。

一般に、鉄道車両の上下支持系は、輪軸を支える軸箱、1次ばね(軸ばね・軸ダンパ)、台車枠、2次ばね(空気ばね)、そして車体で構成されています(図2)。発明内容は、台車枠の上下振動を測定し、1次ばね系の減衰要素である軸ダンパの減衰力(ないしその他アクチュエータの発生力)を制御して、車体への主要な加振源である台車振動を抑制することによって車体の振動を低減するという方法です。いわば、“車体の振動を台車から絶つ”ことに相当します。

本システムを新幹線電車に適用し走行試験を実施しました(図3)。315km/hで等速走行したときの台車中央、および車体中央の上下振動加速度パワースペクトル密度(PSD)を図4に示します。軸ダンパの制御を行うことによって、6～12Hz付近の台車振動が低減され(図4(a))、その結果、これと同じ周波数領域で車体中央床面の上下振動加速度PSDも減少していることがわかります(図4(b))。車体の1次曲げ振動によるPSDピークは9.4Hz付近に見られますが、軸ダンパの減衰制御を行うことによって、この振動を現用軸ダンパ使用時の1/5以下に低減することができました。また、他の周波数帯での振動増加はみられず、良好な振動低減効果が得られました。

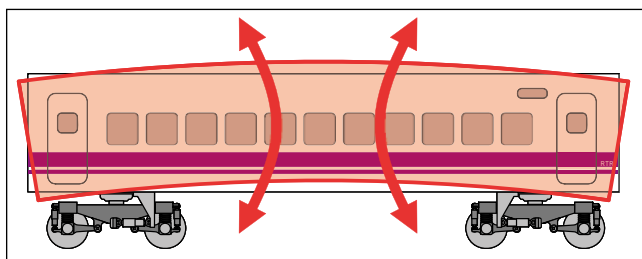


図1 車体の上下1次曲げ振動の形状

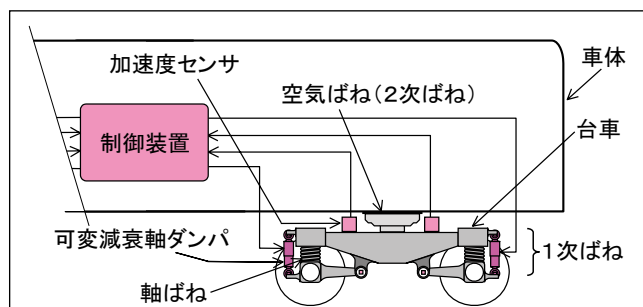


図2 軸ダンパの減衰制御システム

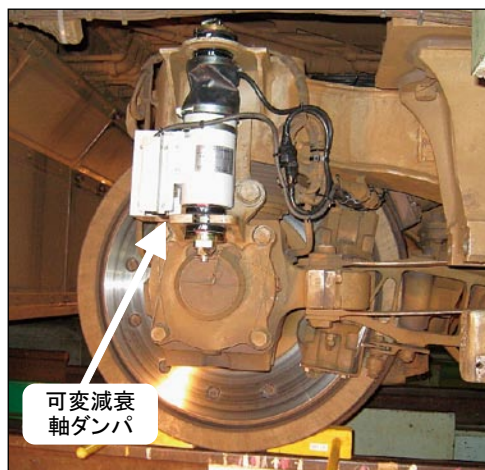


図3 可変減衰軸ダンパの実車への取り付けの様子

発明余話

「なぜこのような（振動低減）方法を思いついたんですか？」という質問を学会発表の際に何度か頂きました。というのは、車体の振動を抑制しようとする場合、普通は、“車体の振動エネルギーを吸収するものを車体に取り付ける”か、“車体の振動を止める力を直接車体に加える”ことを考えるからです。

ところが、本発明は車体に直接触れることなく、間接的に車体の振動を止める手法です。従来の手法以上に振動低減効果があるとは考えにくいかもしれません。また、図3に示すように、本発明は振動制御に使うアクチュエータ（可変減衰ダンパ）を、振動が大きく、かつ車両の走行安定性に大きく影響する軸箱部に取り付けます。そのため、装置の耐久性・信頼性がより強く求められ、装置開発の難易度が上がります。実際、この箇所に制御デバイスを取り付けて300km/hを超えるような走行試験を実施した例は国内外ともに前例が無かったようです。ですから、「なぜ？」という疑問はもっともかもしれません。

実は、いきなりこの方法を思いついたわけではありません。我々も、車体と台車の間にアクチュエータを取り付けるタイプの振動制御システムを開発して走行試験を実施したのですが、車体の曲げ振動の低減に関してはあまり芳しい結果が得られませんでした。深夜の走行試験が終わって暗い夜道をホテルに向かってとぼとぼ歩いているときに、ふと、「車体と台車の間以外の場所をいじって何とかでき

《権利メモ》

発明の名称：制振装置及び制振機能付き車両

概要：従来は、空気ばねと並列にアクチュエータを挿入するものがほとんどであったが、本発明は、軸箱・台車間の軸ダンパを制御し、乗り心地で重視されている4～8Hz付近の上下振動の低減に効果がある。

出願番号：特願 2003-387439 (2003.11.18)

公開番号：特開 2005-145312 (2005. 6. 9)

登録番号：特許第4191013号 (2008. 9.26)

総研発明者：菅原 能生、瀧上 唯夫

ないだろうか」と思いついたのが発明のきっかけです。

先例が無いこともあり、システムを実際に開発する当初はこの手法が机上検討どおりに車体の曲げ振動を低減できるのか、多少の不安もありました。研究テーマ立ち上げの際も、当時の上司から「このシステムが（振動低減に）そんなに効くとは思わない、けれども、まあ、やってみろ。」と言われました。なぜ「そんなに効くとは思わない」のに研究開発のOKが出たのかは未だに謎ですが、このときの「まあ、やってみろ」があったからこそ、本発明は日の目を見ることになりました。なお、本手法については学会からも論文賞を頂くなど、その新規性・有効性が認められ、現在、システムの実用化を目指した研究開発を行っています。

最後に、本システムの開発、および走行試験にご協力いただいた関係各位に心から感謝の意を表します。

（車両構造技術研究部 車両振動 菅原能生）

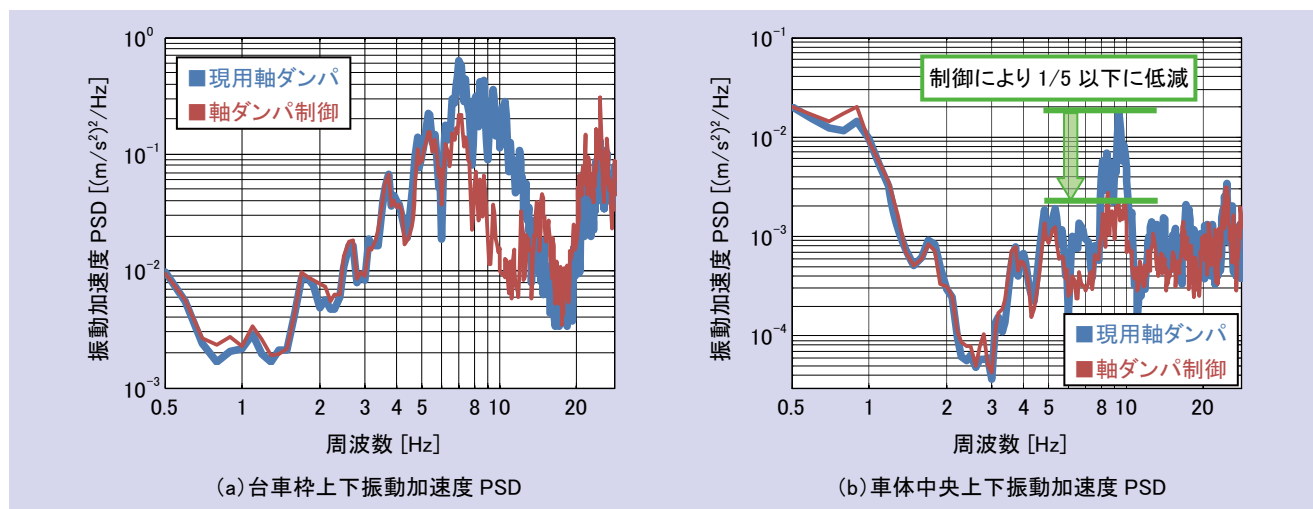


図4 新幹線電車による走行試験結果例（走行速度 315km/h）