

3518 アンチローリング装置異音防止軸受の開発

Development of noise reduction spherical bearing for anti-rolling device

○ 石田 正徳 日下部 詳 川島 明 奥村 正弘 不破 邦博
Masanori Ishida, Akira Kusakabe, Akira Kawasima, Masahiro Okumura, Kunihiro Fuwa

Series 681 EMU was made in order to shorten the arrival time by improvement of maximum and curving speed. To the vehicle, it is installed anti-rolling device. By the device, body slants toward an appearance with curve, and riding comfort prevents an erode thing. But a sound occurred, and spherical bearing of anti-rolling device had given an unpleasant feeling of to a passenger. Origin of sound is because bearing liner was worn away, and there was not a lubrication function. Possibility to control occurrence of noise came out afterwards as a result of having tried a strange sound occurrence preventive measure from spherical bearing.

キーワード：アンチローリング装置、曲線通過性能、乗心地、球面軸受、積層ゴム

Keyword: Spherical bearing for anti-rolling device, Curving performance, Riding comfort, Spherical surface bearing, Laminating rubber

1 はじめに

681系特急電車は、最高速度の向上、および曲線通過速度の向上を図り、京阪神から北陸地方までの到達時分を短縮しサービス向上を図るために投入した。曲線通過速度を向上するためには振り子装置を用いる方法があるが、681系では一般台車で曲線通過速度をR600未満基本速度+15km/h、R600~700基本速度+20km/h、R700以上基本速度+25km/hとするために、アンチローリング装置を取り付けて、曲線で車体が外方に傾斜することによって乗心地が悪化することを防いでいる。

681系特急電車は1992年に試作車が完成し、1995年に量産型の車両を投入した。この頃から客室内に「キュルキュルキュッ」という高い音が響き、お客様に不快感を与えてしまうという事象が見受けられるようになった。

この異音の発生源を調査した結果、アンチローリング装置の球面軸受から発生していることを突き止めた。その後、球面軸受からの異音発生防止策をいろいろと試行した結果、一定の成果があげられたので以下に述べる。

2 アンチローリング装置の役割と構造

2.1 役割

車体の振動モードには Fig.1 に示すように、レール方向に振動する前後振動、枕木方向に振動する左右振動、鉛直方向に振動する上下振動と各軸を中心とした回転振動のローリング、

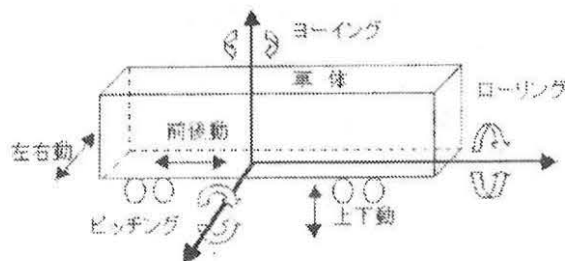


Fig.1 Motion mode of vehicle

ピッチングおよびヨーイングの6つの振動モードがある。アンチローリング装置は、このうちローリングを抑える働きがある。曲線通過速度を高速で通り抜けようとすると車体に加わる遠心力が増加し、車体がローリングして乗心地を悪化させてしまう。アンチローリング装置をつけることによって曲線での左右定常加速度の増加を抑止し、乗心地の悪化を防いでいる。

2.2 構造

構造は Fig.2 に示すように、車体に取り付けたトーションバーとその両端と台車を結ぶリンクで構成されている。このリンクは上下に動くトーションバーに回転モーメントが働くようにバーの中心からオフセットして取り付けられている。車体がローリングしようとする、片方のリンクは下向きに動きもう一方のリンクは上向きに動き、トーションバーの両端に互いに反対向きの回転モーメントが作用し、バーをねじる力が働く。このねじり力にバーが逆らうことで、車体のローリングを抑えている。

リンクの上下動が左右で同じになる車体上下動ではトーションバーは力を出さない。また、リンクとトーションバーとの接続部分に球面軸受を使用することで、左右動、前後動および台車旋回に対して自由度を持たせている。

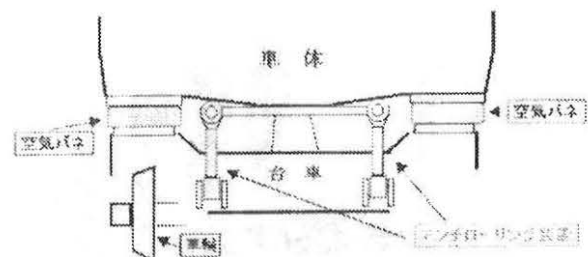


Fig.2 Structure of anti-rolling device

3. 異音発生源の特定

車内で聞こえる不快音は「キュルキュルキュッ」という音色から、金属同士が擦れ合う摺動音であることは容易に判断することができた。ただ、どの摺動部から発生しているのか

判別できなかったため、順に給油をしていき、給油をしては走行して音の発生を確認することを繰り返し、不快音の発生源が、アンチローリング装置の球面軸受であることを突き止めた。

球面軸受は無給油タイプであり、給油しなくてもスムーズに摺動するはずが、実際には給油しないと摺動状態が悪くなり異音が発生している。球面軸受のボールとレースの間には、Fig.3のように潤滑作用のあるライナーがあるのだが、このライナーが磨耗等により欠落しまいボールとレースが直接接触することによるものである。

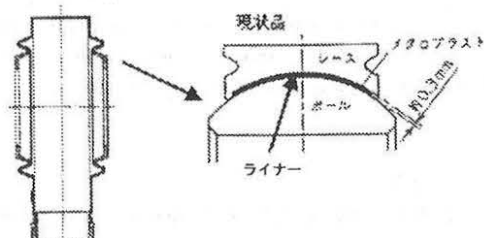


Fig.3 Cross section of a spherical surface bearing

4. 異音発生防止策および試験結果

1996年以来、異音防止対策はライナーの欠落防止対策を中心に取組んできた。今までに4回改良等を加えて試験を行ってきた。効果を確認するためには実車での長期の耐久試験を行わなければならないが、長期の期間を要してきたが、2003年になってようやく効果の期待できる軸受が完成した。これまでの経緯はつぎのとおりである。

4.1 1次ライナー改良 (1996.10~1999.10)

ライナーの材質を耐摩耗性の高い材質に変更し長期試験を行った。しかしながら、特段の改善は見られず、1年程度で異音が発生し、年間の苦情件数は平成11年度50件にも上った。その内訳を球面軸受取替え後の使用日数で分析すると、Fig.4のように300日を越えたあたりから異音の発生が増えることが分かった。681系の定期検査の周期は約450日であるので、軸受を取替えることができる定期検査まで持たないということが分かった。

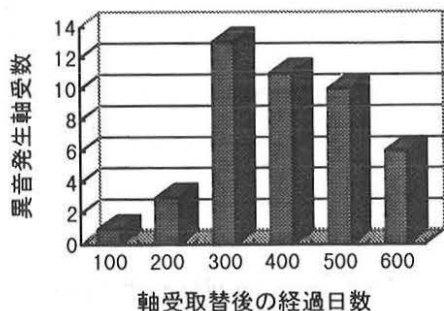


Fig.4 Noise occurrence number

4.2 アンチローリング装置撤去試験 (1999.11)

軸受ライナーの材質変更では異音の発生を抑えることができなかったため、発生源のアンチローリング装置を撤去することが可能か判断するため、乗心地がどの程度悪化するのかを確認する試験を行った。アンチローリング装置を撤去するにあたり空気バネの上下剛性が硬いものに変更して、曲線で車体が外側へ傾いて乗心地が悪化しないようにした。その結果、曲線通過時の乗心地を表す許容カント不足量は80mmから77mmへと少し悪くなっている。また、車体振動による乗心地を表す指標である乗心地レベルは、空気バネを硬くした影響で上下振動の乗心地レベルが約3dB悪くなっている。

以上の結果からアンチローリング装置を撤去するを乗心地が少し悪くなることが分かった。

4.3 2次ライナー改良 (2001.11~現在)

アンチローリング装置撤去の試験結果で乗心地が少し悪くなったことから、再度軸受ライナーの耐摩耗性を向上できないか検討した。今までは、普及型のライナーで検討していたが、鉄道車両より耐久性を求められる航空宇宙用に使われるライナーにより耐久試験を行った。このライナーは摺動面に硬質コーティングを行い、耐摩耗性を高めている。現在まで長期試験で約1年半使用を続けているが、異音による苦情は発生していない。今後、耐久試験を継続して行い、取替え周期を見極めていく。

4.4 積層ゴムを使った軸受の性能試験 (2003.3~現在)

2次ライナー改良で耐用年数が大幅に伸びている。しかし、構造上何時かは摩耗により異音が発生すると考えられるため、球面軸受を使用しない新たな軸受を検討することにした。これも、航空機用に使用されているものであるが、積層ゴムを使用した軸受である。積層ゴムを使用しているため金属同士が摺動することがないため、軸受が劣化しても異音は発生しない。現在のところベンチテストと終了した段階であるが、ベンチテストでは、機能上は球面軸受と同等の性能を有し、繰り返しの荷重試験では8年以上の耐用年数があることがわかった。今後、現車での曲線性能試験を経て、長期試験を行い不具合が発生しないか、また、耐用年数は何年になるか見極めを行う。

5. まとめ

- (1) 異音の発生源はアンチローリング装置の球面軸受ライナーの摩耗によるものであった。
- (2) 空気バネの上下剛性を硬くしてアンチローリング装置撤去したが、乗心地が少し悪化した。
- (3) 球面軸受ライナーを硬質コーティングしたものは耐摩耗性が向上し、現状のものでは1年未満で異音が発生していたのに対し1年半経過しても異音は発生していない。
- (4) 摺動面をなくした積層ゴムタイプの軸受はベンチテストでは性能上問題がなく、現車での耐久性向上も期待できる。