

## 新幹線高速試験電車用 全周ホロの改良



白石 仁史\*



渡辺 清一\*



堀内 雅彦\*

新幹線車両が高速で走行すると、車両と車両の間（以下車間部とする）から騒音が発生し、沿線騒音を悪化させる要因となるため、これを低減する必要がある。このため、新幹線専用高速試験車「FASTECH360S」では新たに開発したハードタイプ全周ホロを搭載した。この全周ホロは、リンク機構を組み合わせて構成しており、車間が狭まる曲線においても、リンク機構で偏倚を吸収する構造になっている。走行試験の結果、リンク機構については、正常に動作することを確認したが、走行方向により車間部の騒音（以下車間部音とする）が異なることが判明した。このため、FASTECH360S初期の全周ホロをベースに改良を行ってこの問題点を解決し、現在は耐久走行試験などを通じて、耐久性、メンテナンス性等の評価を行っている。

●キーワード：全周ホロ、車間部音、沿線騒音、スパイラルアレイマイクロフォン

### 1. はじめに

FASTECH360Sでは、沿線騒音低減のひとつのアイテムとして、各車両と車両の連結部からの騒音を低減するために、車両間に全周ホロを搭載している。この全周ホロは、現在営業車に搭載されている突合せホロよりも騒音低減に有効なものであることを確認したが、走行方向によって騒音の発生状況が異なる事が判明した。

そこでこれらを解決するために、FASTECH360Sの全周ホロをベースとして改良を加えた。改良は、図1に示すように、FASTECH360Sの初期に搭載した初期型全周ホロをベースとし、この問題点を改良するために、新規ホロの開発、定置試験、現車試験を繰り返し行い、最終形状を決定した。今回の改良開発では、3次試作までの改良を加え、耐久試験に供する全周ホロを得ることができた。

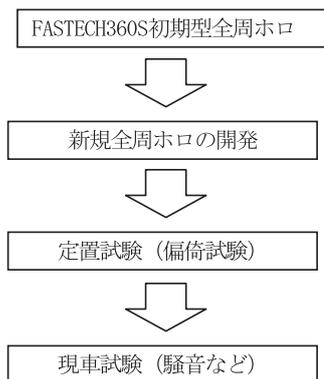


図1 全周ホロ改良のフロー

### 2. FASTECH360Sの初期型全周ホロ

#### 2.1 FASTECH360Sの初期型全周ホロの構造

図2に、FASTECH360S完成時に搭載した初期型ハードタイプ全周ホロを示す。この全周ホロは、車両間を切り離す際に簡単に切り離せるように、車両の片側に取り付ける片もち構造で、両方の車間を締結はしていない。また、全周を一つのホロで覆っているのではなく、車体側面の側ホロと車体上部の屋根ホロに分割している。

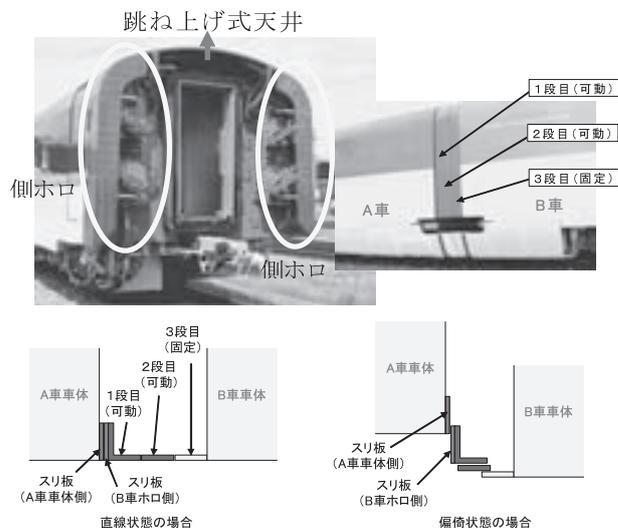


図2 FASTECH360Sの初期型ハードタイプ全周ホロ

天井ホロは、車両間に段差が生じた場合などに、車間をわたっている特高圧ケーブルとの干渉を避けるため、

リンクを用いた「跳ね上げ式」の構造となっている。

側ホロは3枚の板で構成されており、これらの板は、それぞれリンク機構で車端の面（以下妻部とする）に取り付けている。車間が狭まると、このリンク機構が動作し、1段目（相手車両の妻部側）から内側に順番に折りたたむ構造となっている。

## 2.2 FASTECH360Sの初期型全周ホロの問題点

FASTECH360S初期型全周ホロの走行試験におけるスパイラルレイマイクロフォン測定結果を図3に示す。

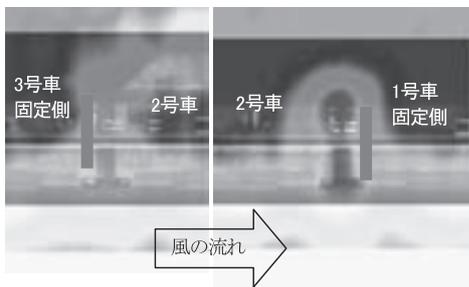


図3 スパイラルレイマイクロフォン測定結果（初期）

図2は1-2号車間、2-3号車間を示しており、1-2号車間は1号車妻部に、2-3号車間は3号車妻部に全周ホロが取り付けられている。これらを比較すると、特に側ホロの部分で騒音発生状況に大きな違いがあることが確認できる。この原因として、側ホロを折りたたむための隙間が影響していると考えられる。この隙間を図4に示す。

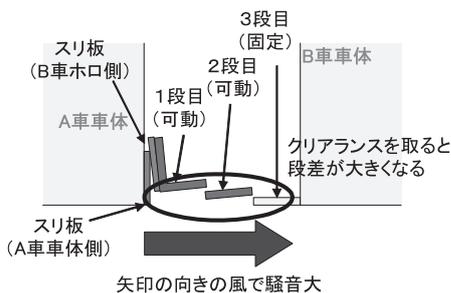


図4 側ホロの隙間と騒音の原因

この隙間は、板を折りたたむ際に干渉することなく折りたためるように考慮したものであり、1段目と2段目、2段目と3段目に設けている。また、この隙間は、リンク機構で隙間を調整しているために若干ではあるが、板が斜めになっている。このために、風の流れる方向によって、騒音発生状況に違いが生じていると考えられる。

走行試験でこの部分を平滑化し、スパイラルレイマイクロフォンで測定した結果を図5に示す。この結果、騒

音発生状況が改善されたことから、この隙間をなくすことで、この問題を解決できるといえる。

天井ホロについても同様に、跳ね上げ機構の隙間があり、屋根の形状に合わせた曲線であることから、構造上形状合わせが非常に困難であるため、改良を行った。



図5 スパイラルレイマイクロフォン測定結果（段差無）

また、この全周ホロは、1段目、2段目にそれぞれリンク機構を有しており、多くのリンク接合部を有していることから、可動部が多く、構成部品点数も多い。このため、メンテナンスを考慮すると、簡素化も必要であるといえる。そこで、この全周ホロを改良する際は、騒音対策と合わせて構造の簡素化も考慮することとした。天井ホロについても同様に、跳ね上げ機構の隙間があり、屋根の形状に合わせた曲線であることから、形状を合わせるのが非常に困難な構造である。

## 3. 全周ホロの改良

### 3.1 1次試作

騒音低減効果を最大限に発揮することを主目的とし、あわせて構造の簡素化も行った。この改良の目標は以下のとおりである。

- (1) 走行方向による騒音発生状況が同じであること
- (2) 構造の簡素化を実施することで質量200kg以下（FASTECH360S初期全周ホロ約400kg）

これを目標にして開発した1次試作を図6、図7に示す。

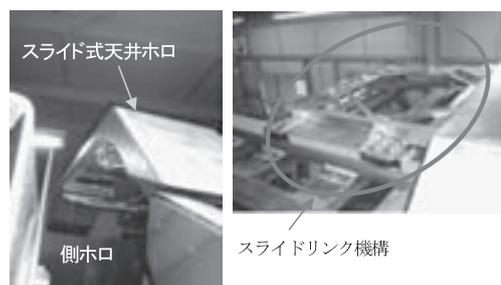


図6 天井ホロの改良

図6は新たに開発した天井ホロである。従来は跳ね上げ式の天井ホロであったが、特高ケーブルジョイント部の低屋根部のスペースを活用し、水平に収納する方式を考案し試作を行った。これは、構造上隙間ができるので、この隙間をなくすことを目的としている。また、構造面では簡素化を考慮し、リニアガイドとリンク機構で構成している。

側ホロについては図7に示すとおり、3段構造（固定一段、可動二段）を2段構造（固定一段、可動一段）とした。これは3段構造で2箇所あった隙間を、2段構造にすることにより1つにすることを狙っている。また構造面においても、3段構造では2組あったリンク機構を2段構造では1組

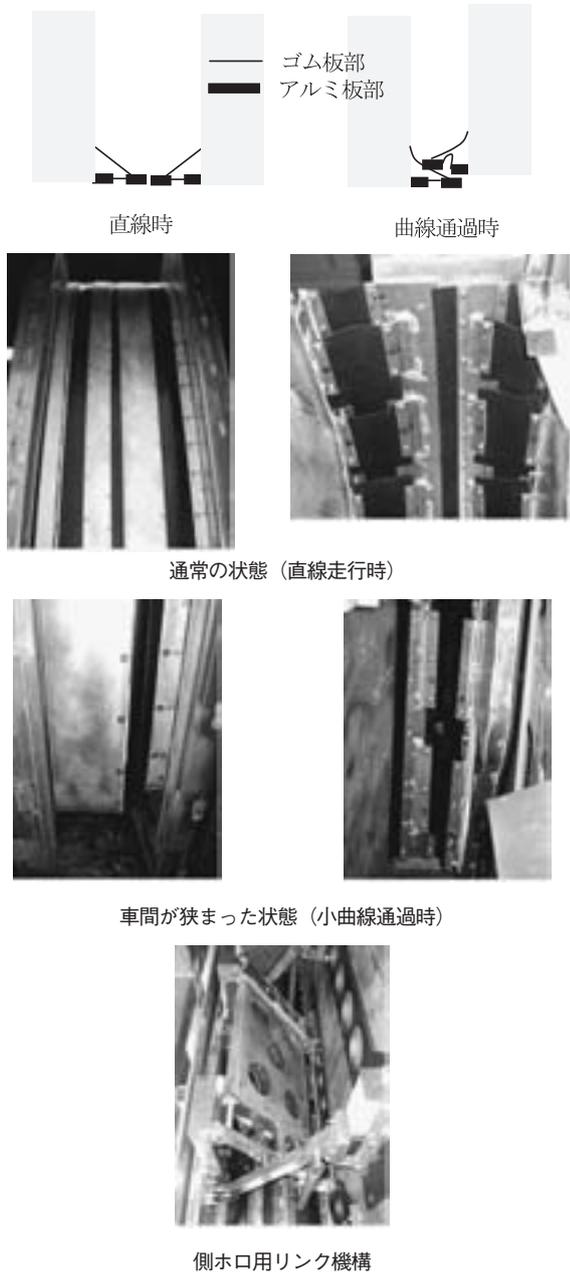


図7 側ホロの改良

に簡素化できる。これにより構造の簡素化および軽量化を狙っている。

固定ホロと可動ホロの接触面は段差無く接することが可能な構造を考慮し、材質はアルミ板とした。しかし、車間が狭まった際にすべての変位を吸収することが不可能であったため、周辺のリンク部品、車体妻に接しても影響の無いように、ベースのアルミ板と接触面のアルミ板を三角形のゴムで支持することで解決を図った。この構造により、車間が狭まった際には三角形のゴムがつぶれ、他の部品に干渉しても破損等の悪影響がない構造が可能になった。また、これらの動きを実現するために、リニアガイドとリンクを使用し、可動側のホロが固定側の内側に入り込む構造としている。構造面では、リニアガイドの使用によりリンク機構の簡素化が図られ、軽量化も実現することができた。

### 3.2 全周ホロ改良の1次試作の定置試験

定置試験の条件は、新幹線の車両基地構内の分岐器渡りを考慮した偏倚試験を実施した。試験条件を図8に示す。この結果、試作した全周ホロは干渉も無く動作し、動作機構に問題の無いことが確認できた。

この1次試作全周ホロを基に、FASTECH360S搭載に向けて問題点を洗い出すこととした。この結果、以下の2点が判明した。

- (1) 側ホロのゴム板部の剛性が確保できていない。
- (2) スライド式天井ホロの構造が複雑になった。

(1) については、高速走行で全周ホロに作用する走行風やトンネル内の圧力変動を考慮した場合、走行風やトンネル内の圧力変動により作用する力が大きく、ゴム板部が十分な剛性を確保できていない。(2) については、隙間は無いものの当初の跳ね上げ式よりも複雑な構造となり、質量も跳ね上げ式のホロのほうが小さい。この結果、質量については単体で291.24kg（ベースなし）となり目標

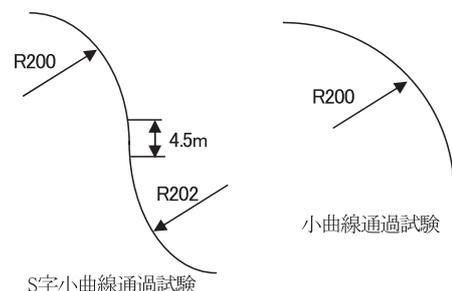


図8 定置試験の試験条件

値に対して90kg重くなっていることが問題点として上げられる。

これらの構造に関しての問題点を解決するために、さらなる構造の見直しを行い、2次試作品を開発した。

### 3.3 新型全周ホロの2次試作

1次試作の結果を基に、側ホロについては、1次試作の1段目（可動側）と2段目（固定側）を一枚のゴム板でつなぐ方法を検討した。検討に際しては、ゴム板に引っ張り方向に大きな変位が発生しないことなどを考慮し、ゴム板の材質の仕様を見直した。

ゴム板を使用した側ホロについては、過去にSTAR21などでも多くの開発を実施しているが、実用化にいたっていない。この問題点を再度検討した結果、車両が小曲線を通る際にゴム板に引張力が作用する（ゴムを伸ばす）使い方をしていることに問題があるといえる。この引張り力により劣化したゴム板が破れてしまう事象が多く発生していた。そこで今回は1次試作で開発したリンク機構を使用し、ゴム板には大きな引っ張り力がかからず、平滑化を保つみの構造を検討することとした。この結果、2種類のゴム板が候補として見つかり、2枚の板をゴム板つなぐ構造が可能となった。ただし、車体の側部においては、ゴム板をS字状に折りたたむため大きな問題は発生しないが、肩部については図9に示すように折りたたむことができないため、この部分については、偏倚条件を入れた耐久試験で耐久性を確認することにした。

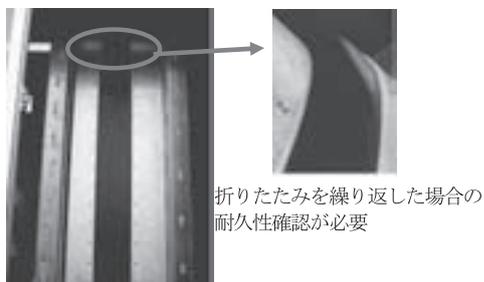


図9 片部のゴム板の状態

天井ホロについては、1次試作の構造は複雑になること、跳ね上げ式の天井ホロのほうが軽量であること（1次試作スライド式：75.52kg>はね上げ式：55.7kg）から、従来の跳ね上げ式のホロを改良することとした。改良は、天井板の面積を大きくし、妻部固定ホロ、側ホロにかぶせることで隙間をなくすとともに、固定部と可動部の隙間を

あけないように、図10に示すとおり裏側に当て板を取り付け、騒音の発生を極力抑える構造とした。

2次試作の側ホロと天井ホロの組み合わせで、再度定置での動作確認を実施した結果、良好な結果を得ることができたので、1-2号車の1車間にこの全周ホロを搭載し、性能を確認することとした。

また車両に搭載するために、定置試験において3万回の動作確認試験を実施し、各摺動部や部品の耐久性を確認した。なお3万回は、4回/日（構内小曲線通過を想定）×300日×15年×1.5≒3万回と算出した。

### 3.4 新型全周ホロの2次試作品の現車試験

現車試験の結果、騒音については、図11に示すように非常に良い結果を得ることができた。しかし、300km/h超

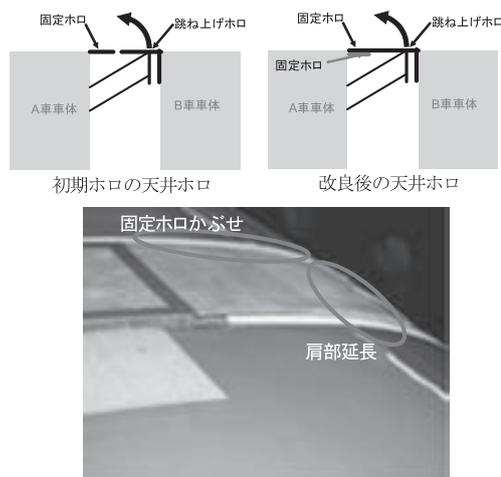


図10 天井ホロの構造

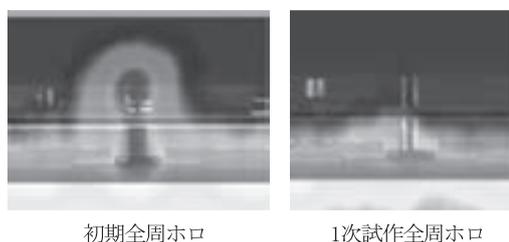


図11 スパイラルアレイマイクロフォン測定結果（2次試作）

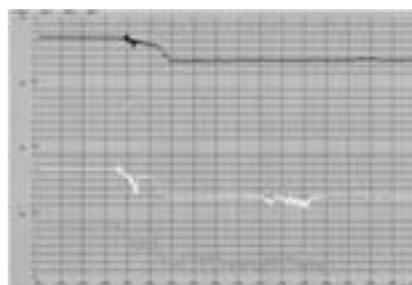


図12 トンネル突入時の車間部圧力変動

の速度でトンネルに突入時から、トンネルを出るまでの間、天井ホロが浮き上がる事象が発生した。

この原因として、トンネル内での圧力変動により、天井ホロが持ち上げられることが考えられる。このため、初期ホロを搭載した箇所、トンネル突入時の圧力変動を測定した。この結果を図12に示す。トンネル内で天井ホロが浮き上がった原因として、以下に述べるような現象が確認できた。

- (1) 圧力差により天井板が若干浮き上がる。差圧の測定結果は、320km/hで4~5kPa程度である。
- (2) 浮き上がった天井板に風をはらんで凧のように上まで浮き上がる。
- (3) トンネル内を出ると、屋根上風速が低下するためもとの位置に戻る。

これらの結果をもとに対策を検討した。

### 3.5 新型全周ホロの3次試作品

この圧力差を低減するために、天井ホロに圧力を抜くための隙間を設けることとした。この隙間を設けるためには、隙間から発生する騒音が増大しないことを確認する必要がある。そこで、新在直通高速試験車「FASTECH 360Z」を用いた確認試験を実施した。

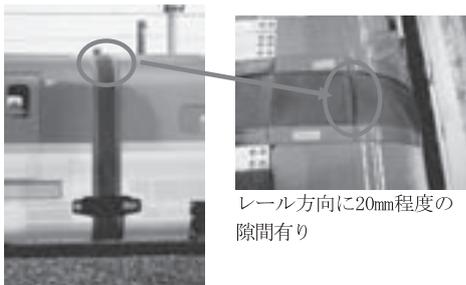


図13 FASTECH360Zの全周ホロ

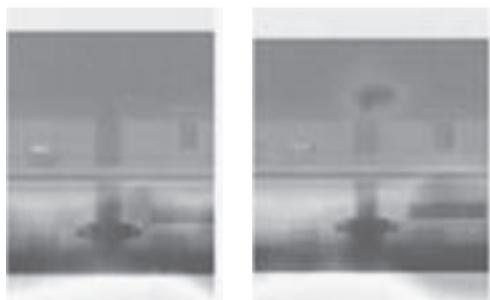


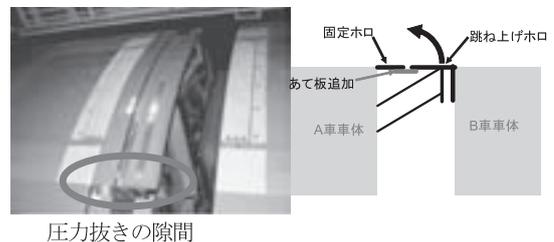
図14 スパイラルアレイマイクロフォン測定結果

FASTECH360Zの全周ホロを図13に示す。この全周ホロ

は、車間をゴム板でつなぐ方式を採用している。この全周ホロは、構造上天井部のゴム板と、側部のゴム板で構成されているため、天井ホロと側ホロの合わせ部に、レール方向に長い隙間がある。この隙間による騒音の発生状況を把握することで、隙間をあけた際の騒音発生状況を確認することができる。また、あわせて天井ホロの騒音低減効果を確認するため、天井ホロすべてを外した際の騒音の発生状況も測定した。この結果を図14に示す。

この結果、FASTECH360Zの全周ホロ程度の隙間であれば、騒音の発生は大きくはならないことを確認した。これは、風の流れる方向に沿って隙間があるために、騒音に大きく影響しないと考えられる。よって、天井ホロの構造は、枕木方向の長さを変更し、レール方向（風の流れる方向）に隙間を設けることとした。また、跳ね上げホロ部分を、初期全周ホロと同じ構造（車間の半分程度の大きさ）とし、圧力変動の影響を極力押さえる構造とした。また、枕木方向の隙間は風の流れに対して垂直になる。側ホロの騒音の発生状況から、枕木方向の隙間は騒音を増大することがわかっているため、この隙間をなくすために裏側に当て板を取り付ける構造に変更した。これらの変更を実施した新型全周ホロ3次試作品を図15に示す。

また、3次試作の全周ホロでは側ホロに2次試作品を使用していることから、部品点数の削減がされている。これに伴い質量も243kgとなり、目標とした200kgには届かなかったが、初期ホロに比べて約150kgの軽量化を達成した。



圧力抜きの隙間

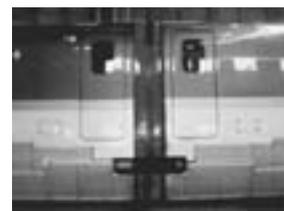


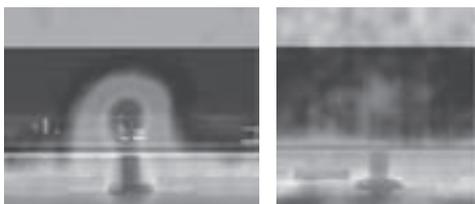
図15 全周ホロ3次試作品

### 3.6 新型全周ホロの3次試作品の現車試験

この全周ホロを用いて、再度現車試験を実施した。こ

の結果、トンネル突入時の天井ホロ浮き上がりは発生しなかった。

また、スパイラルアレイマイクロフォンの測定の結果を図16に示す。この結果から、天井ホロのレール方向につけた圧力を逃がすためにつけた隙間の騒音への影響は無いことが確認できた。また、FASTECH360S初期に搭載した全周ホロで発生していた走行方向による騒音発生状況の違いもなくなっていることを確認できた。



初期全周ホロ

3次試作全周ホロ

図16 スパイラルアレイマイクロフォン測定結果 (3次試作ホロ)

## 4. まとめ

FASTECH360S初期に搭載した全周ホロの問題点を洗い出し、STAR21などの開発成果を参考にしながら、全周ホロに改良を加えた結果、3時試作ホロにおいて、当初問題となっていた、走行方向による騒音発生状況の違いを改善することができた。

また、構造の簡素化を実施しリンク機構を2箇所から1箇所へと1/2にすることができた。なお構造の簡素化に伴い、部品点数が減ったことで、目標には届かなかったものの、400kgに対し243kgとなり、約150kg/車間の軽量化を実施することができた。

夜間走行試験での強度確認等の結果、この3次試作した全周ホロは、耐久試験に耐えられるものと判断し、現在FASTECH360S全車間に搭載し耐久試験を実施している。3次試作の全周ホロを搭載してからの走行キロは、2007年11月30日現在で、約15万キロ走行しているが大きな不具合は発生していない。

## 5. 今後の進め方

耐久試験では、ゴムの種類による劣化度合いを確認するために、3次試作の全周ホロに2種類のゴム板を搭載している。

表1 耐久試験において耐久性を確認する項目

項目	確認内容	
側ホロ部	側ホロゴム板	亀裂の有無
	リニアガイド	固渋の有無、破損の有無
	カム	固渋の有無、破損の有無
	各ブッシュ	固渋の有無、破損の有無
	バネ	破損の有無
	リンク	亀裂の有無
	摺動板の磨耗	磨耗状態、摩擦面の状態
天井ホロ部	各ブッシュ	固渋の有無、破損の有無
	バネ	破損の有無
	リンク	亀裂の有無
	摺動板の磨耗	摩擦面の状態
	天井板	変形の有無

この耐久試験は2008年度末までに60万キロ走行する予定であり、定期的に表1の項目について確認をしながら試験を進めていく計画である。また、耐久試験終了後は解体調査を実施し、各部品の取替え周期や定期検査方法についてまとめていく。

今回の開発では、車間を全周ホロで塞ぎ騒音低減を図ってきたが、車間部の流れ場を解析し、制御することで騒音を抑制することも考えられる。現在は、全周ホロの開発と合わせて、車間部の形状を変更し、流れ場を制御することで騒音を抑制する方法を研究中である。