

気動車方式レール運搬車の導入について

○ [機] 小堀 貞幸 [機] 大原 麻左幸 (東海旅客鉄道株式会社)

[機] 新村 浩 (日本車輛製造株式会社)

Introduction of a Railway Diesel Car Type Rails Transporting Car

○Sadayuki Kohori, Masayuki Ohara, (Central Japan Railway Company)

Hiroshi Shinmura, (Nippon Sharyo LTD)

Approximately 190km of railing on JR Central local lines are replaced each year as part of the line maintenance process. Two types of rails are used as replacements, "fixed length" rails which are 25m in length, and "long rails" which come in lengths of 150m and 200m. Fixed length rails are transported on-rail from Nagoya Port, while long rails are transported on-rail from the Hamamatsu Rail Center. Up until now, electric locomotives, diesel locomotives and open freight cars have been used to transport the rails, but they all were manufactured over 30 years ago and aging has led to the need for a replacement which is why we developed a new railway diesel car type rail transport car.

キーワード：定尺レール，ロングレール，レール運搬車，

Key Words：fixed length rails, long rails, rail transport car,

1. はじめに

JR 東海の在来線では年間約 190km のレールの取り替えを線路保守の一環として実施している。取り替えには、定尺レールと呼ばれる長さ 25m のレールや、ロングレールと呼ばれる長さ 150m または 200m のレールが使用されており、定尺レールは名古屋港資材センター、ロングレールは浜松レールセンターから各地までオンレールで運搬されている。従来このレール輸送には、電気機関車 (EF64、EF58) 3 両、ディーゼル機関車 (DD51) 1 両、チキ車 (無蓋貨車) 4 1 両を使って行なってきたが、いずれの車両も製造から 30 年以上が経過し、老朽化してきたことから代替が必要となり、今回新たに気動車方式のレール運搬車を開発する事になった。

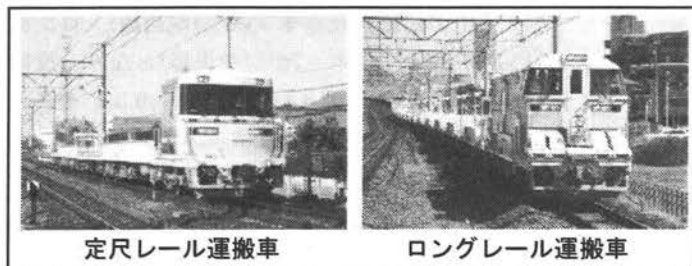


図 1 キヤ 97 系レール運搬車

レール運搬車の開発にあたり、旅客車両とは使用条件が

大きく異なるため、荷重条件、車両間にまたがるレールの影響、レール降ろし時の状況などを考慮した設計を行っている。今回はこの中でも特に新規設計の台車および新たな機能である定低速機能に関する部分を報告する。

2. レール運搬車設計・開発の課題

従来の機関車と貨車による輸送では最高速度が 85km/h であり、東海道線に代表される高速でかつ輸送密度の高い線区においては列車ダイヤを確保することが困難になりつつあった。このため、キヤ 97 系は空車最高速度 110km/h、積車最高速度 95km/h の性能が求められた。

また、当社の軌道及び構造物の許容軸重制限は最大 15t であり、従来からの気動車構造で軸重をこれ以下に抑えるため、1 両当りの車両重量を積車で 60t、内レール積載荷重が最大 29t のため、空車重量を 30t 以下にする必要があった。

2.1 レール運搬に適した台車

設計当初は、当社標準台車である円錐積層ゴム軸箱支持方式での検討を行ったものの、輪重減少率、円錐ゴムの歪率ともに性能や構成上適さないことが判明し、軸バネ支持構造の見直しを行った。その結果、軸箱はウィング形状とし、軸バネは最大軸重 15t、積空差 30t/両に対応する上

下非線形 2 重コイルバネを軸箱直上に配置し、上下荷重はコイルバネのみで支持することとした。そして、軸箱の前後左右荷重を支持する方式にウィング円筒積層ゴム支持方式を採用し、上下荷重変化の影響を受けることなく安定して前後・左右荷重を支持することとし、旅客車レベルの高速走行安定性能を確保しつつ、レール積空差に因らない走行安全性能と積載レールに対応した十分な強度もったレール運搬車専用ボルスタレス空気ばね方式台車として C-DT66 動台車 (図 2) と C-TR254 従台車を新規に開発した。

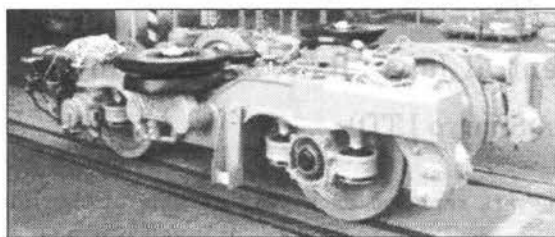


図 2 C-DT66 動台車 外観

2.2 ロングレール降ろし作業の効率化

全長が 200m あるロングレールを取り降ろす作業は従来からレール的一端を地上側に固定した状態から、車両を低速走行させることでレールを軌道側に降ろすとともに、地上側の作業者が車両の動きに合わせてレールを横にずらすことで行われている。このため車両運転士と地上作業者との間の連携が必須で、双方に技術が必要であった。

しかし、従来方式では機関車や貨車等の連結器間の隙間により起動の際に衝撃が発生することや、起動後も運転士技量に頼った速度調整が必要である等の問題が散見され、一定の速度で降ろし作業を行なうことが困難であった。

そこで、キヤ 97 系ロングレール用運搬車では、作業方法は変更せずに、運転士の負担を軽減すること、および保線作業の安全性確保を目的に地上の保線作業者にあわせて、一定の低速で安定した走行のできる定低速機能を装備することとし、レール運搬車用定低速制御装置付液体変速機(C-DW19A)を開発した。(図 3)



図 3 機関と変速機

変速機本体は変速段と直結 4 段の速度域を持つ従来から実績のある DW-19 液体変速機を基本形とし、定低速機能として、前進クラッチ投入時に機関回転数を保ちつつ後進用クラッチをスベリ結合させることで前進力に抵抗を与え速度を一定に制御する機構をもたせたものである。これにより運転士の技量によらず容易に安定した一定の低速度走

行が可能となる。

3. 性能検証にあたって

新規開発した台車・変速機が設計通りの性能を満たしているか検証するため、定尺およびロングレール編成において、平成 19 年 12 月から 7 ヶ月間に及ぶ走行試験を以下の内容で実施した。

3.1 台車性能確認 (軸箱・台車枠・車体間の振動加速度)

従来車両とは異なる軸箱支持方式であり、積空差やレール反力の影響も懸念されるため、各条件における軸箱・台車枠・車体間の変位量を確認した。なお、測定は積空差が大きく事前のシミュレーション等で最も変動が大きいことが予想された台車、つまり先頭車両(定尺:キヤ 97-101、ロング:キヤ 97-201)の後位台車(従台車)とした。

3.2 台車性能確認 (枕バネ(空気バネ)変位)

レール運搬車として初めて空気バネを採用するため、レール積載後の空気バネ変位比較およびレール降ろし時の空気バネ挙動について確認した。なお、枕バネ挙動も積空差が大きく事前のシミュレーション等で最も変動が大きいことが予想された台車、つまり先頭車両(定尺:キヤ 97-101、ロング:キヤ 97-201)の後位台車(従台車)とした。

3.3 車両定低速制御確認

定低速は 2~6km/h の速度域から設定した低・中・高の 3 段階の一定速度で運転ができる。この制御は機関制御を含め、全て変速機制御装置(TCU)により制御されるため、定低速制御中の機関制御、車両速度制御等の状況を確認した。なお、確認はロングレール編成中、編成総括指令を行う車両、つまり先頭車両(キヤ 97-202)の変速機性制御装置(TCU)をモニタリングすることで実施した。

4. 検証結果

4.1 台車性能確認 (軸バネ・枕バネの上下変位)

車体挙動の安定性は、軸バネ・枕バネ等各バネ系の上下変位量で確認でき、これらバネ系の変位量が目安値内であれば、車体は安定していると言える。そこで、定尺・ロング共に軸バネ・枕バネ系にレーザー式もしくはワイヤ式変位計を設置し変位量の測定を行った。

(1) 軸バネ上下変位

軸バネ上下変動は、定尺積車の 10.7mm(目安値 15mm)の 72%・飯田線、コイル密着余裕は定尺積車の~17.6mm)が最大であり、その他は定尺空車=66%(関西線)、ロングの空車=61%(高山線)、積車=70%(中央線)となり、設計時予測値内の結果となった(図 4)。定尺積車×0.3G を許容する設計とした場合の軸バネ上下動は 7.3mm であり、水準違いを含んだ軸バネ単体の最大値として、本結果は妥当な範囲と考える。

また、最大変位量は空車時と積車時と同等であったことから、最大 7.5t~最小 2.8t に大きく変動する静的輪重に対応して設計した非線形軸バネの効果(輪重に応じて上下バネ定数が大きく変化する)が設計通り発揮され、輪重抜け

と同時にコイルバネ底付きや台車枠～軸箱の接触を回避できていることが確認できた。

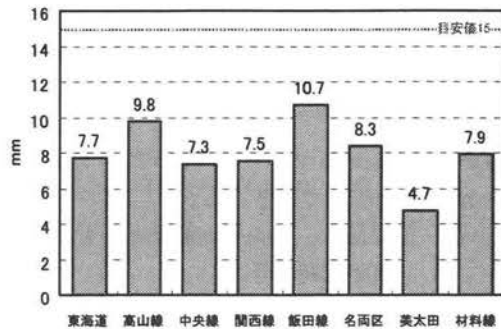


図 4 軸バネ上下変位

(2) 枕バネ上下変位 (中立が不確かなため変動 P-P/2)

枕バネ上下変位は、高さ調整弁(LV)の機構上、 $\pm 5\text{mm}$ の上下不感帯があり、この影響から高さが一定とならない。このため絶対値での比較評価は避け、空気バネパンク隙間 = 25mm (空車)・ 35mm (積車 $\times 1.3\text{G}$)となる設計値に、不感帯 5mm を加えたものを目安値として評価した。

枕バネ上下変動の最大は、定尺積車の 24.8mm (図 5、目安値 40mm の 62% ・飯田線)で、その他は定尺空車 = 68% (目安値 30mm ・関西線)、ロング空車 = 61% (Mc1 前位・東海道)、ロング積車 = 78% (東海道)で、何れも目安値内の結果であり問題は見られなかった。

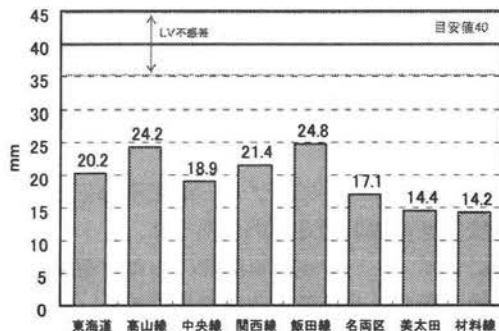


図 5 枕バネ上下変位

しかし、高山線や飯田線内を中心に、4.1 (1) で説明した様に軸バネ変動は 10mm 以下であるのに対し、枕バネ上下変動が $\pm 20\text{mm}$ を超える場合が確認されたため、枕バネの純粋上下変動が大きい原因について、FFT 波形から考察した。

飯田線内で枕バネ変位が顕著な区間を選び、軸バネ・枕バネ変位を FFT 波形で比較したものを図 6 に示す。

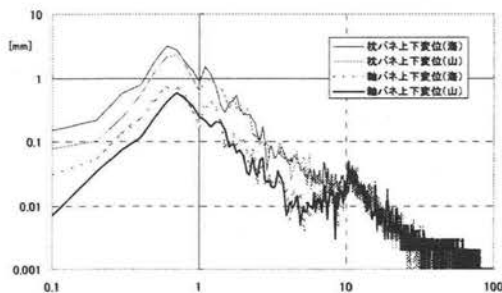


図 6 軸バネ・枕バネ変位 FFT 解析

枕バネ変動のピークは $0.6\sim 0.7\text{Hz}$ であり、縦軸が対数であることを考えると、この周波数域の軸バネ変動は枕バネ変動の 12% 以下であり十分小さいことが分かる。

前図と同区間の枕バネ変動 FFT に、軸箱・台車枠・車体床面の上下加速度 FFT を重ねたものを図 7 に示す。

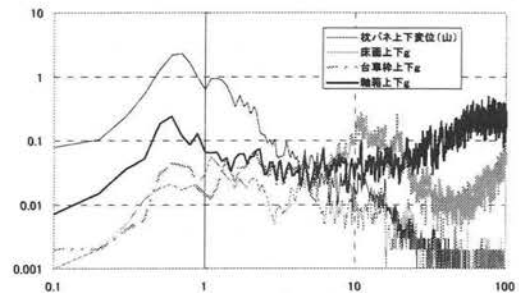


図 7 枕バネ変動 FFT 解析

軌道外乱に等しい軸箱上下 g の波形は、車体床面や台車枠に較べて枕バネ上下変位との相関が高いことが分かる。しかも、この区間の車体上下振動加速度に顕著なピークは見られず、車体側には何ら異常はみられなかった。

以上より軸バネ変動に対し枕バネ変動が大きい原因は、軌道不整と走行速度の関係で、枕バネ上下共振点 0.6Hz 付近の軌道外乱が入力され、枕バネのみが大きく変動する振動状態であったと考えられ、軌道条件による車体挙動が要因であり、枕バネ変動としては問題が無いことが確認できた。

4.2 空気バネ関連

(1) レール積載時の安定性

レール運搬車として初めて空気バネを使用することから、空車の床に最大オフセットでレールを降ろした際の動揺で、床上作業が危険にならないか台上試験で確認した。その結果、 $\pm 5\text{mm}$ 程度のロール動揺は発生するが、LV がハンチングを起す様な状態にはならないことが分かった。(図 8)

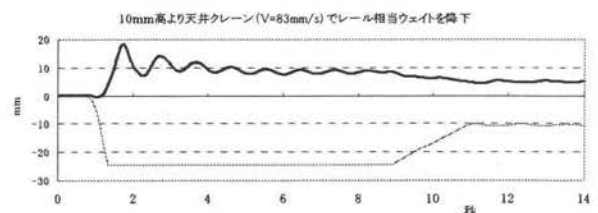


図 8 台上試験による動揺確認

(3) CAB 側空気バネ着底機能

ロング Mc 車には編成最後尾からロングレールを降ろす作業時に、安全性を高める機構(CAB 側着底機能+反 CAB 側左右連通機能)が付加されている。

CAB 側着底機能については、運転台のスイッチ操作により、 12 秒程度で着底し 6 秒程度で上昇することを確認した(図 9)。着底の有無による車体ロール挙動比較では、着底無しでレール着地直後に発生した 30mm の空気バネ上

昇が、着底有では発生しなかった。なお曲線通過時のロングレール曲げ反力による車体倒れこみを抑えるため、今回高さ調整弁 (LV4・9S) では、反応遅延時間が従来の 3 秒から 1 秒に縮小し、排気絞り径を給気絞りの半分 ($\phi 2$) とした。その結果、ロール動揺が抑えられ、かつ空気消費量を抑制できることが確認できた。



図 9 空気バネ着底機能確認

(4) 反 CAB 側台車左右連通機能

Mc 車からロングレールを下ろす際の波形例を図 10 に示す。Mc 車は反 CAB 側にレールが載るため、レールの送り出しに伴い空気バネ内圧が一旦増加し、レールが地上に降った後は逆に内圧が減少している。なお、空気バネ連通の効果のため輪重変動は非常に小さい結果であった。

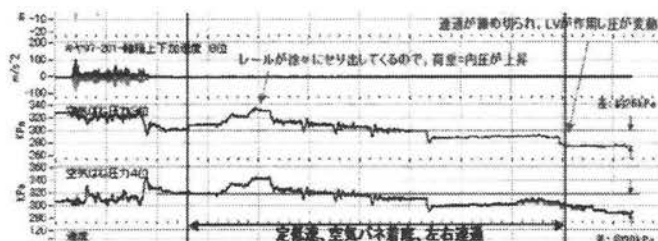


図 10 空気バネ連通機能確認

4.3 車両定低速制御関係

(1) 通常定低速制御

図 11 に示すように定低速信号[ON]にすると自動で機関回転数を一定 (975min^{-1}) に制御し、ブレーキ[OFF]後、約 4s で車両が走行を開始し、10s 程度で設定速度に到達する。到達後の設定速度との差は $+0.2 \sim -0.1\text{km/h}$ と僅かであり、制御目標値 ($\pm 1.0\text{km/h}$) を充分満たしていることが確認できた。

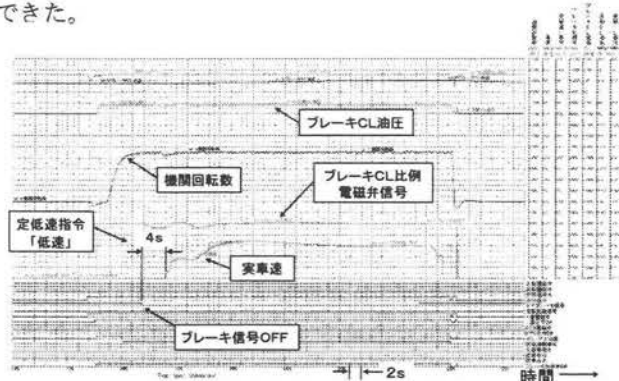


図 11 通常時の定低速制御

(2) 定低速制御時のブレーキ扱い

本制御は完全自動制御であるため、定低速運転中に運転士がブレーキを扱うと、車両速度が低下したと判断シクラ

ッチブレーキ力を緩めたり、機関出力を上げる等の矛盾した制御が行われる恐れがあった。この防止機構としてブレーキ扱いはブレーキクラッチ出力信号を一定にし、ブレーキ解除後は速やかに復帰するように制御を行っているため、この制御に実施状況を確認した。

図 12 に示すように、基本的に 4.3 (1) と同様の制御であるが、運転士のブレーキ扱いに伴い車両速度が $\pm 0.3\text{km/h}$ 程度上下している。しかし、ブレーキクラッチ出力信号は一定であり、ブレーキ解除とともに速度補正動作を行っている事が確認できた。

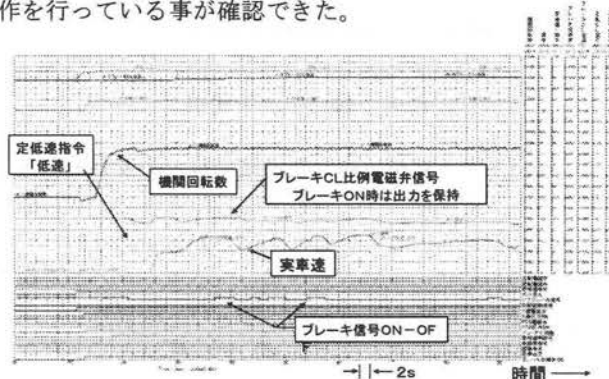


図 12 定低速制御時のブレーキ扱い

5. まとめ

今回は新規開発した台車・変速機に着目し、現車における走行試験を通じて機能確認を実施した。これらによる知見は以下のとおりである。

- ① 台車バネ系 (軸バネ・枕バネ) の変位量は設計想定値内であった。
- ② 空気バネの安定性、レール降ろし時の機能も設計想定値内であった。
- ③ 定低速機能について、ブレーキ使用時を含め定低速中の安定性は設計想定値内であった。

以上により、レール運搬車開発にあたり新規設計した機器の性能・機能は設計想定内の結果であり、問題無くレール運搬業務に使用できる事が確認できた。

6. おわりに

今回、開発したレール運搬車は、国内初の動力分散式の気動車型のレール運搬車である。シミュレーションだけでなく、既存チキ車の走行測定など、検証の連続であったが、7 ヶ月の走行試験を終え、定尺レール運搬車は、平成 20 年 4 月より、ロングレール運搬車は、同年 7 月より、レール運搬の用に就くことができた。本新型レール運搬車の導入により、駅構内での入替作業の容易化や運搬行程の効率化、定低速機能などによるレール降ろし作業の安定化に寄与することができた。

これからも引続き、更なる安全・安定輸送の確保に向けて、新たな課題に取り組んでいきたい。