

## IV-248 車輪フラットの衝撃作用とPCマクラギの著大ひずみ

鉄道総合技術研究所 正会員 涌井 一  
 鉄道総合技術研究所 正会員 井上寛美  
 鉄道総合技術研究所 正会員 奥田広之

## 1. まえがき

PCマクラギの設計荷重は、車輪フラットの衝撃や、いわゆる著大輪重現象などの異常荷重に支配される。いずれがPCマクラギにとって厳しい荷重条件となるのか明確になっていないが、著大輪重現象は軌道側に何らかの欠陥が有る特定の箇所で生ずるのに対し、車輪フラットは少なくとも車輪周長に対し1回の割合でマクラギを衝撃することから、取替え部材であることも考慮すると、PCマクラギの設計荷重としては車輪フラットによる衝撃作用を優先して考えるべきである。

車輪フラットの衝撃によるPCマクラギの発生ひずみについては、東海道新幹線用マクラギの開発を契機に昭和30年代後半に試験が行われ、フラットの当たった瞬間にPCマクラギには高周波の著大なひずみ振動が生ずることが知られたが、当時の計測方法ではピークを正確に捕らえているかどうか疑問が持たれていた。そこで山手線車輪フラット試験（昭和61年3月）に際し、車輪フラットの衝撃作用とPCマクラギの発生ひずみについて改めて測定して検討した。

## 2. 車輪フラットの衝撃作用

試験列車はサハ100 3両であり、ばね上質量と台車形式が同じでばね下質量のみが異なる。A、B、C台車のばね下質量比は概ね1:0.8:0.6であった。人為的につけたフラットの長さは最大級のものとして75mmに設定し、平にカットした面よりも少し窪みができる状態まで削り取った。

軸箱加速度波形の例を図1に示す。マクラギ間・マクラギ直上など軌道弾性の局所的差異により、一定速度で走行しても加速度のピーク値はかなり変動している。軸箱加速度の衝撃波形を時間的に拡大したものを図2に示すが、フラットの衝撃作用は最初の著大な三角状のパルスで代表されるものと考えられる。

そこで軸箱加速度最大ピーク値（o-p）、最大ピーク値を持つ三角状パルスの底辺に相当する時間（以下、作用時間と呼ぶ）、三角状パルスの面積（以下、力積と呼ぶ）をAD変換データの電算処理により多数読取り、速度に対して整理した。A台車輪軸の軸箱加速度ピーク値と列車速度の関係を図3に、衝撃パルスの作用時間と列車速度の関係を図4に、衝撃パルスの力積と列車速度の関係を図5に示すが、それぞれ速度に対する明確な傾向を有すること、B・C台車のデータは省略したが台車間には有意な差と言えるほどの違いは認められないことが明らかにされた。

また、軸箱加速度ピーク値のデータを作用時間1ms刻み（代表値  $\pm 0.5\text{ms}$ ）で集め、平均値、標準偏差、最大値・最小値を求めた結果を図6に示す。加速度が大きいのは2~5msの範囲であり、平均値としては250~300 $\text{m/sec}^2$ 、最大値としては450~500 $\text{m/sec}^2$ に達する。これについても台車間に顕著な差は認められなかった。

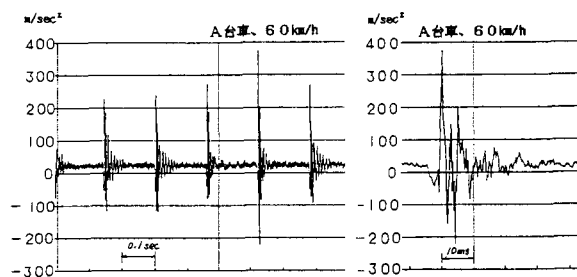


図1 軸箱加速度波形例

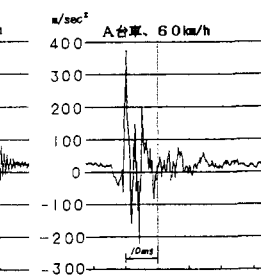
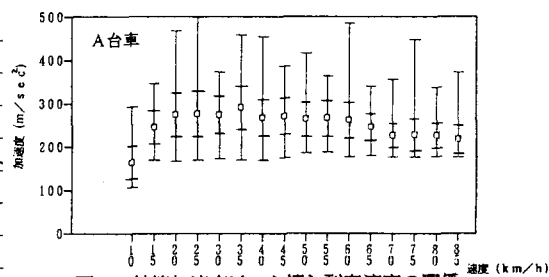


図2 車輪フラットによる衝撃波形

図3 軸箱加速度ピーク値と列車速度の関係  
（平均値、標準偏差、最大・最小値）

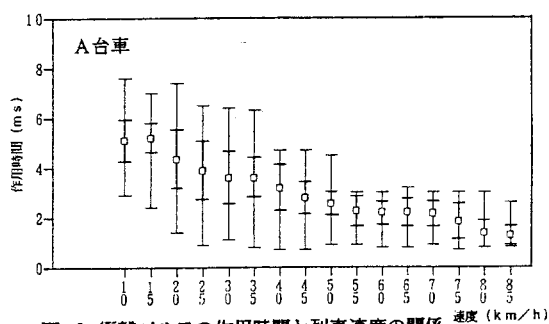


図 4 衝撃パルスの作用時間と列車速度の関係  
(平均値、標準偏差、最大・最小値)

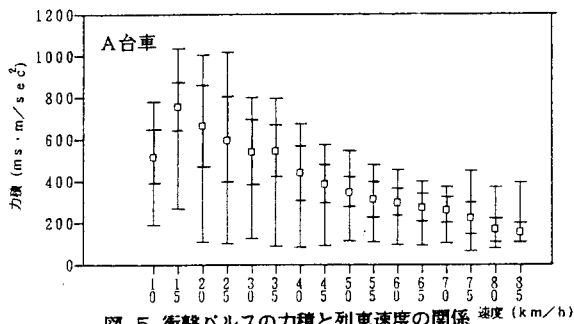


図 5 衝撃パルスの力積と列車速度の関係  
(平均値、標準偏差、最大・最小値)

以上のように、ばね下質量が大幅に異なるA、B、C台車の差は、加速度ベースでは小さいことが明らかにされたが、軸箱加速度に輪軸の有効質量を掛けたものが衝撃輪重であるとすれば、ばね下質量の軽量化により有効質量も減少し、それに比例して軌道への衝撃作用も軽減できることが期待される。その指標が衝撃力のピーク値であるのか力積であるのか、あるいは新たな指標が必要とされるのかについては軌道の応答と併せて評価する必要がある。

### 3. 車輪フラットの衝撃によるPCマクラギの発生ひずみ

車輪フラットの衝撃によるPCマクラギ（3号型）の発生ひずみを測定した。自然フラットを有する営業列車と、人為的にフラットをつけた試験列車の両者について測定した。測定部位はマクラギのレール座面下縁付近の曲げひずみと、前後のレール下縁曲げひずみである。多数の営業列車を測定したが、その中でも最大級のフラットが当たったと思われるデータを図7に示す。PCマクラギの発生ひずみはフラットがないと100  $\mu$  以下であるが、フラットが当たると瞬間的に500  $\mu$  以上にも達している。時間拡大波形から読取ったところ、衝撃ひずみの作用時間は約5msであった。

PCマクラギ、レールとも輪軸毎にひずみのピークを生ずるが、連続する33本の営業列車（総軸数1320軸）について各軸毎の最大ひずみを読取り、発生ひずみの頻度を調査した。PCマクラギとレール曲げひずみの発生頻度を図8に示す。頻度が最も高いひずみのランクはフラットが殆どない定常値に対応するが、これを基準にして最大ひずみの増幅倍率を比較すると、レールは3倍以下であるのに対しPCマクラギでは5倍を超えており、車輪フラットの衝撃作用は、曲げひずみに関してはレールよりもむしろPCマクラギに及ぼす影響の方が大きい可能性があることが明らかにされた。

### 4. あとがき

著大衝撃ひずみがPCマクラギに及ぼすダメージを定量的に明らかにすることは、PCマクラギのより合理的な設計を可能とする上で今後に残された重要な課題である。

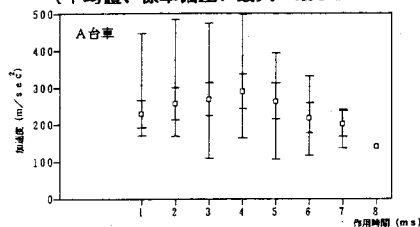


図 6 軸箱加速度ピーク値と作用時間の関係  
(平均値、標準偏差、最大・最小値)

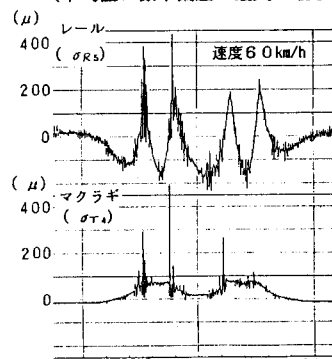


図 7 営業列車によるひずみ波形の例

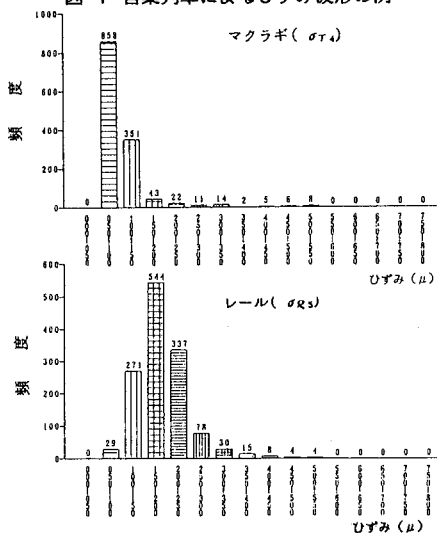


図 8 ひずみの発生頻度