

車 両 と 軌 道 の 相 互 作 用

文 献 調 査 委 員 会

1. ま え が き

1965年ロンドンでイギリス機械学会主催の下に、車両と軌道との相互作用について国際会議が開催され、各国から多くの興味ある論文が提出され討議された。車両と軌道との関係は事実上鉄道に関する静力学、動力学のすべての分野をふくむものであり、総括的に見れば鉄道に関する最近の研究の全てがこの問題に関係している。ここでは車輪とレールの相互関係に重点をおいて、その会議に提出された論文を中心に、車両と軌道の相互作用に関する最近の重要と思われる研究を解説する。

従来の研究によれば、車両と軌道の関係について軌道が全体の中で果たす役割は、単にその上を走行する車両の荷重の反力に対して、それを支持するだけのものと考えられてきた。しかしこれは本質的に静力学的な考え方であり、このような考え方はあくまで全体の一面にすぎない。最近の研究の多くはこのような考え方とは異なり、車両と軌道を全体の一つの系と考え、ともに両者を弾力的な媒質と見なして動的に捉える方向にある。このような問題の捉え方に対して、もっとも重要で、興味ある問題が車輪とレールの相互関係で、現在まで多くの研究者がこの問題に取り組んできたが、いまだ解明されない多くの問題が残されている。

2. 脱 線 理 論

鉄道における列車の脱線事故には、転てつ器の取り扱い、機関車の運転の誤り、あるいは築堤土砂の崩壊、土床の欠壊にあって起るもの、線路の置石障害に乗り上げて起るもの等、比較的原因の判然としている一群の脱線と、停車場と停車場の中間の静的には何等異常の認められない線路上で列車が突然脱線する形態のものがある。この後者の脱線を原因の明らかな一群の脱線と区別して列車途中脱線と称することがある。ここでは、このような途中脱線について、最近の研究で明らかにされている現象を中心に述べることにする。

脱線の傾向をとらえる特定の基準を求めることは困難なことであり、その原因は実際に脱線に関係のある変量を測定することが困難であるからである。脱線に関する疑似静的理論にNadalの式があり、実用式として最も

広く知られている。

$$\frac{Q}{P} = \frac{\tan \alpha \mp \mu}{1 \pm \mu \tan \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

輪重 P と横圧 Q の比で示される式(1)は脱線係数とよばれ、複号は車輪のレールに対する乗り上がり脱線、すべり上がり脱線で区別されている。この脱線理論によれば、脱線に影響を与える因子は車輪とレールとの摩擦係数 μ とフランジ角 α であるが、レールに対する車輪の走行角、脱線係数の継続時間等も脱線の傾向に決定的な影響を与えることが知られている。

図-1 走行角、摩擦係数と脱線係数¹⁾

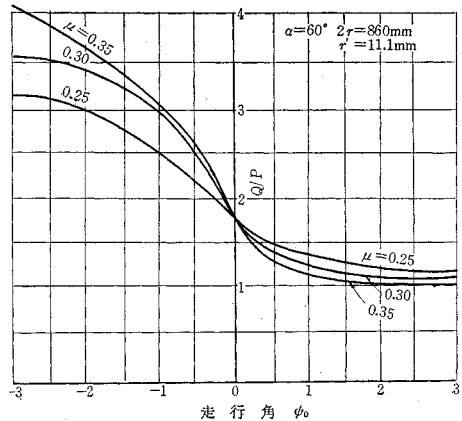


図-1 は、走行角 ψ と脱線係数 Q/P の関係を示したもので¹⁾、走行角の増加につれて脱線係数の値は急激に減少し、やがて一定値に近づく傾向がある。脱線係数の継続時間については石原²⁾がその限界値について調べている。これによれば、動的な状態では、脱線係数の値は継続時間が 0.05 秒以上の場合には 0.8、継続時間が 0.05 秒よりも少ない場合にはこれ以上の高い比率でも問題がないことを指摘している。速度と関数関係にある軌道の横方向狂いや、はげしい車両の振動によって生じる過度的なフランジ力が瞬間的な脱線係数の増大の原因となる場合には、この継続時間の影響が問題になってくるものと思われる。

車輪とレールとの摩擦係数は、大気 conditions に応じて特にレール表面の状態に応じてかなり変動する。Lujnov と Kossikov³⁾の研究によれば、レールに接する空気湿度と静的摩擦係数の間には明白な関係があり、15%の相対湿度に対し $\mu = 0.37$ 、55% に対し、0.39、95%

の相対湿度で $\mu=0.571$ になることが明らかにされている。また Andrews⁹⁾によれば、乾燥状態、ぬれた状態、塗油した状態のレールでは、摩擦係数の限界値はおおの 0.33, 0.25, 0.13 になることが指摘されている。

3. 車両運動と脱線

途中脱線の主な要因は、

- 車両振動による台車と車体の力の変動
- 車輪とレールの接触点が軌道の線形に応じて移動することにもなる力の変動
- 車両の個体差や荷重の不均衡

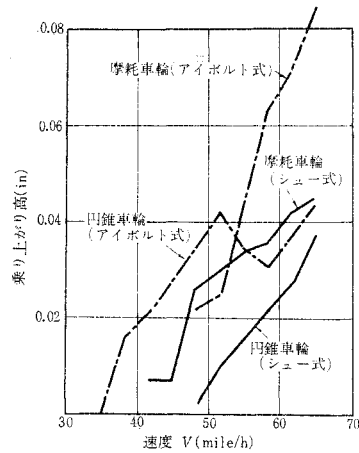
があげられるが、脱線の主要な原因はこれらの組み合わせによるものであろう⁹⁾。

Gilchrist 等は脱線に関する理論を動力学的な理論および実験に応用し、近似的に脱線係数をつり装置に働く横方向力 H と、鉛直方向力 F の比で表わし、蛇行動と脱線係数との関係について調べた⁶⁾。実験は比較的減衰の大きなシュー式つり装置をもつ有蓋車と、減衰が小さく横方向のばね定数も小さなアイボルト式つり装置をもつ無蓋車をもちいて行なわれ、一定の箇所に狂いをもうけた軌道上の蛇行運動と車両固有の変数との関係、脱線との関係について求めた。つり装置に働く横方向 H と鉛直方向力 F との比が大きくなった場合に、必然的に脱線の危険が増加すると仮定すれば、横方向ばね、減衰ともに小さなアイボルト式車両は以下の三つの点から不利であることを指摘している。

- 蛇行動の間に生じるつり装置横方向力は運転速度の範囲内ではシュー式よりも大きく、特に車輪が摩耗した場合にはこの傾向がいちじるしくなる。
- アイボルト式ではつり装置により大きな荷重揚げが発生し、鉛直方向の対称な狂いに対する応答ではつり装置に働く力が小さくなる。
- 横方向の振動数がより低いので、振動がいくらか長い時間継続する。

イギリスにおける脱線の統計によれば、実際2種類の車両の内アイボルト式車両の方がはるかに悪い結果を示し、1959年から、1962年の間ではこの二種類の車種脱線比率は8倍の高い値を示したことを述べている。また速度の増加とともにいちじるしく危険もまし、摩耗した路面をもつ車両では脱線に対する危険も高い。さらにこれらの関係を求めるため、フランジがレールに乗り上げる高さを計算し、脱線の解析を行なっている。このような計算は既存の車両については行なわれているが、脱線の形態を特定の形に限定しなければならないので、一般性をそこなう恐れがある。これらの点を考慮した上で計算された結果を図-2に示す。この図によればすでに明ら

図-2 フランジの乗り上がり高⁹⁾



かにされている脱線傾向を如実に示している。

脱線傾向を理論的に予測するためには以上のような動的理論をもちいなければならない。このためには現在用いられている車軸の運動理論をフランジが接触する状態まで拡張する必要がある。この考え方は本質的には回転接触の問題であり、ある接触領域がフランジに移動すればかなりの「スピン」を生じながら回転するので、今日の段階では解析が困難であると考えられる。将来フランジの接触点に働く現実的な回転接触力を考慮し、車両の動的理論を拡張してこの種の計算を行なうことが可能になるものと思われる。

フランジ断面の形状を適当なものにすることによって、車輪とレールの接触状態を改良し、ひいては車輪の乗り上がりに対する抵抗を大きくする試みがイギリス鉄道で行なわれた⁷⁾。この車輪の形状は Heumann が提唱したもので、レール断面にきわめて近い形をしており、常にレールとは一点で接するように設計されている。車輪の乗り上がりに対する抵抗を大きくするためには、フランジ付根から頂部にかけての角度を大きくすることが望まれるが、この踏面ではこの角度に無関係にフランジ付根の角度を小さく取ることができ、その上フランジ付根と頂部の間に円錐体を使用しているので、車輪は不安定になる前に正常な状態に復する。

以上述べたような静止軌道上の脱線現象についてはこれまで多くの研究が行なわれてきたが、橋梁上を走行する車両運動のように軌道に外力が働く場合の脱線についてはいまだ多くの研究の余地が残されている⁸⁾。

4. クリープ力と蛇行動

直線軌道上を鉄道が走行する場合、一般に水平面内の蛇行動とよばれる運動が発生する。鉄道車両は通常静的安定の幅を与えるために円錐体の車輪が用いられている

が、蛇行動はこの車輪の形状と、車輪、レール間の接触面に働くクリープ力との相互作用によって生じる自励振動の一種で、車両の走行速度がある限界速度を越えた場合に発生する現象である。

いったん連続的な蛇行動が発生すると、その運動はフランジの作用、車輪のスリップ、つり装置の非線型特性、軌道の反撥力等によって定められ、荷重によって生ずる不完全な振動のほかに周期的に大きな横方向力が発生し、軸ベアリングを過熱させ、軌道に損傷を与え、脱線につながる原因ともなる。

このような自励振動を引き起させる非保存力は、鉄道車両ではクリープ現象によるものである。車輪に牽引力が働いているときには車両が進んだ距離は車輪の回転から求めた距離よりも少ない。この効果は軌道進行方向のクリープ力とよばれていて、完全な回転と完全なすべりの範囲内にある。同様に横方向力が加わった状態で車輪がころがって行くとき、車輪には横方向力による変位が生じ、この変位量は進んだ距離に比例する。これが横方向クリープで、自動車の空気タイヤがコーナリング力を受けるときのドリフトと同じものである。

蛇行に関する研究は、1916年 はじめて Carter⁹⁾,¹⁰⁾ がクリープ力の意義を認め、いろいろな型の機関車の安定を考え、限界速度の存在を指摘した。Carter の研究は理論的なものであるが、後に Cain¹¹⁾, Davis¹²⁾ の実験に基づく三次元的な研究によって裏付けられた。その後クリープ力を考慮した車両の安定に関する論文が つぎつぎと発表され、De Possel と Beaufeoy¹³⁾, Müller¹⁴⁾, 松平 精¹⁵⁾ Kovalev¹⁶⁾, Wickens¹⁷⁾ 等の研究がよく知られている。De Possel と Beaufeoy, Müller はつり装置のばね作用が全くない剛な車両について考察しているのに対し、松平精, Kovalev は横方向、進行方向の剛性は考慮しているが重力によるばね作用の影響は無視している。この影響は輪軸が横方向に偏倚したときに車軸の中心がもちあがることによるもので、車輪、レール間の反力変化の横方向成分が横変位に比例することにより、地上に対する一種のばね効果をもつ。これは明らかに車輪とレールの形状の関数であり、車両走行安定性を決定するための要素の一部となっている。

5. 一般化した蛇行理論

実際の蛇行不安定性に関する現象はかならずしも線型化された理論で表わされるものではなく、つり装置、クリープ力、踏面形状の複雑な関係から定められるものと考えられるが、複雑な非線型運動を解析し、公式化しても問題の本質を見失う恐れがあり、これまで多くの研究者は実際に適用する際、困難にならない範囲で問題を

簡略化し解析してきた。

一般に車両の運動を微小振動の範囲で考えれば、車両の運動方程式は n 次の規準座標系で表わされ、Lagrange の運動方程式を用いればおのおのの座標に対応する n 個の運動方程式が得られる。これらの運動方程式を簡潔にマトリックスの形で表わすと

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = Q(t) \dots\dots\dots(2)$$

となり、 A, B, C は慣性項、減衰項、ばね項で、おのおの対称で正のマトリックスである。列ベクトル q および Q は一般化された変位および力を表わしている。クリープ力を考慮した場合には一般化された Q は q, \dot{q}, \ddot{q} の関数で表わされ、この場合には式 (2) は

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = \mathcal{F}(q, \dot{q}, \ddot{q}) \quad F(t) \dots\dots\dots(3)$$

の形になり $\mathcal{F}(q, \dot{q}, \ddot{q})$ はクリープによる拘束条件を示している¹⁸⁾。列ベクトル $F(t)$ は軌道狂い等によって与えられる外力の項である。線型理論の範囲では、関数 $\mathcal{F}(q, \dot{q}, \ddot{q})$ は列ベクトルの和としてつぎの形で表わされる。

$$-(\mathcal{A}\ddot{q} + \mathcal{B}\dot{q} + \mathcal{C}q) \dots\dots\dots(4)$$

ただし正方形行列 $\mathcal{A} \mathcal{B} \mathcal{C}$ はクリープおよび走行速度から定まる定数になる。もちろんこの正方形行列が対称で負でないものと定義される保証はなく、系が非保存力をもつ場合にはこのような形をとらない。以上のことを考慮すれば式 (2) は

$$\bar{A}\ddot{q} + \bar{B}\dot{q} + \bar{C}q = F(t) \dots\dots\dots(5)$$

の形に書きあらわせる。ここでマトリックス $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ は対称で負でないという性格は失われ、もはやこの場合には非保存系になる。式 (5) において外力 $F(t)$ の項を 0 ベクトルに置きかえれば、蛇行のモードを決定する方程式が得られる。この方程式から求められる n 個の根の内、その実数部が正になるような根から自励振動を生じさせる状態、すなわち、車両運動が不安定になる状態を決定することができる。

6. 蛇行動の性質

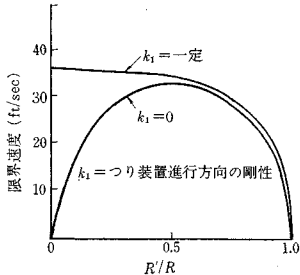
このような車両の不安定が生じる限界速度は踏面勾配を少なくすれば高くなり、この種の動的不安定性をとりぞくことができる。しかし不安定の限界速度が運転速度以上であるにしても、各振動モードの減衰性は小さいであろうし、軌道の状態も幾何学的に完全でないから、車両の動的応答には問題がある。

二軸車を例にとって考えると、よく知られているように、つり装置の剛性に応じて不安定になる限界速度は二つ存在する、蛇行動を防止するためには、つり装置の横方向剛性を十分大きくとって最初に現われる限界速度以下の安定領域を利用する方法と、これとは反対に横方向

剛性をできるかぎり小さくとして第2の限界速度を越えた安定領域をもちいる方法の二種類が考えられる¹⁵⁾。

Wickens¹⁷⁾は重力ばねの効果、車輪踏面の形状を考慮して線型理論による車両不安定現象を解析し、興味ある結果を得た。図-3はレール頭部の曲率半径 R' と車輪

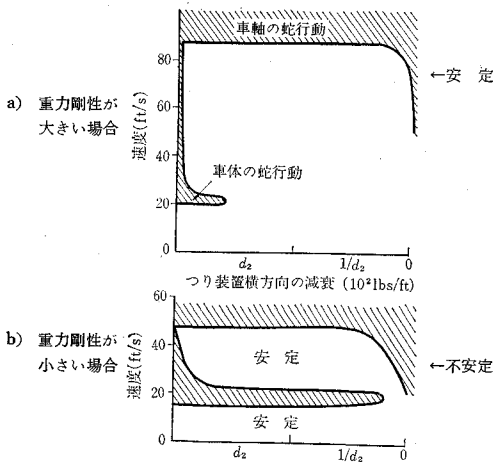
図-3 車輪、レールの形状と限界速度



踏面の曲率半径 R の比が限界速度におよぼす影響を示したものである。一般に車輪が摩耗し、車輪の曲率半径が減少すれば有効踏面勾配は増加し、重力ばねの効果も大きくなるが、つり装置進行方向のばね定数が大きい場合には、重力ばねは車両走行安定性に影響をおよぼさない。車輪踏面が摩耗し、レール頭部の形状に近くなれば限界速度は急激に減少する。それ故新しい車輪をもつ車両と摩耗した車輪をもつ車両の相違は主にこの効果によっている。しかし、軌道進行方向のつり装置の剛性が0かその近くの値をとるときには車輪の曲率が増加するにつれて限界速度は最低の値(円錐車輪の場合)から最大の値に達し、その後再び減少する。

一方つり装置の減衰による安定効果は横方向剛性、重力ばねの値と関係がある。図-4はつり装置横方向減衰

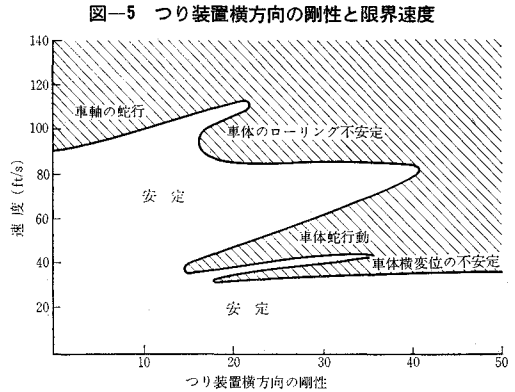
図-4 横方向剛性と蛇行動



d_2 と横方向剛性 k_2 、重力ばねの間の関係を示したもので、重力ばねが k_2 よりも大きいときには車体の蛇行動が生じない減衰係数 d_2 のある範囲が存在するが、 d_2 の

値が小さくなると比較的低い速度でも不安定になる。重力ばねの効果が減少すれば、不安定な領域は大きくなり、したがって、円錐車輪をもつ車両では、つり装置の減衰を大きくしても車体の不安定を取りのぞくにはあまり有効ではない。

図-5 はつり装置の横方向剛性 k_2 と限界速度の関係



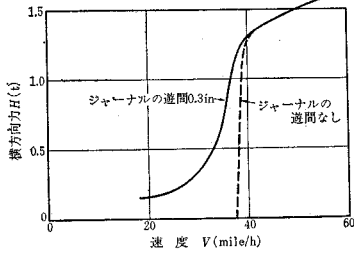
を表わしている。 k_2 の小さな値に対しては、不安定性を示す限界速度は車軸の蛇行動だけから決定されるが、 k_2 の値が大きくなると、限界速度は減少し、三つの車体不安定領域が現われてくる。

以上のことを総合すれば、摩耗した車輪をもつ車両が高速時にも安定に走行するような鉄道車両を設計する方法は、比較的横方向の剛性の低い減衰の大きなつり装置を用いることで、この方法によれば、限界速度を高く取ることができ、車軸が蛇行を開始するまでは安定になる。

Gilchristらは、この考え方を非線型ばねの領域まで拡張し、二軸車の動力学的解析を行なった⁹⁾。一般に二軸車のばね特性は、ジャーナルの遊間、軸箱守の剛性、乾性摩擦などの性質から、かならずしも理想的な線型ばねで置き換えることができない。たとえばシュー式のつり装置の横方向剛性は、最初ジャーナルに取り付けた軸ベアリングの横方向遊間がなくなるとかぎりほとんど保存力は生じない。しかし、いったん遊間がなくなってしまうと、以後の運動は片持ばねとして働く軸箱守の曲げ作用によって決まってくる。また進行方向の剛性は乾性摩擦による拘束からなっていて、極度に剛な軸箱守の拘束によって生じるものである。

Wickens の考え方によればつり装置の減衰性が小さな場合にはつり装置の横方向剛性を大きくしないかぎり、車体の蛇行動の限界速度が低くなることを指摘しているが、ジャーナルに遊間があれば、遊間がない車両と比較して限界速度が低くなることが予想される。図-6は以上のことを示すもので、つり装置の横方向力 H と速度 V の間の関係を表わしている。遊間がある場合で

図-6 ジャーナルの遊間と横方向力

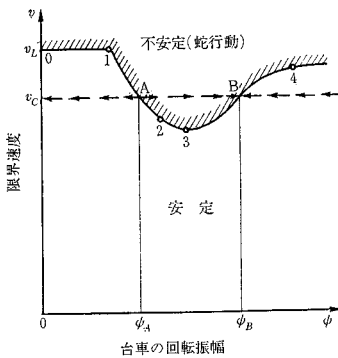


も横方向力が急激に立ちあがる限界速度があり、軌道上の走行試験でも確認されている。

7. 軌道の反発力と蛇行動

車両の不安定と関係する横方向力が速度の増加とともに増大するにつれて、車輪に生じるクリープ力は増大し、そのベクトルの総和が車輪、レール間に働く摩擦力の限界に等しくなるとスリップが始まり、車軸の横方向変位が最大の時にスリップする。一度スリップが始まると蛇行動の周期は速度が増加しても一定の値を示すことが明らかにされている。松平 精¹⁹⁾は、東海道新幹線に用いられる台車の設計に際し、蛇行動が発生する限界速度前後の台車の回転振幅と限界速度の関係について調べ、フランジに対する軌道からの反発作用を車軸の振幅の関数として与えられるばね力に置きかえ解析した。この解析からフランジに対するレールの反発力は常に台車の蛇行動を安定にすることが明らかにされた。フランジがレールに接触するまでは車輪の振幅は増加するが、軌道が破壊されないかぎり、最後には振幅はリミットサイクルに落ち着く。実際の場合に予想される台車の回転振幅と台車の蛇行動の関係を図-7に示す。斜線をほどこした

図-7 台車の回転振幅と限界速度



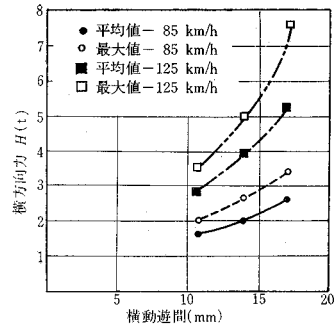
部分は台車が蛇行する領域を示し、安定領域と不安定領域の境界は0-1-2-3-4の線で表わされている。0-1の範囲では車体から台車につたえられる台車回転に対する抵抗モーメントは弾性的で、限界速度は台車の回転振幅

にかかわらず一定である。1-2の領域では摩擦をとまなうスリップが側受(製作型の台車は心皿をもちいず側受による支持方法をとっている)に発生し、振幅の増加につれて限界速度は減少する。2-3-4の領域はレールの反発力がフランジに作用する場合に相当し、点3で限界速度は最少になり、以後振幅の増加とともに増加する。3-4の領域は安定なリミットサイクル、すなわち、一様の振動が生じる領域である。ここで図-7の速度 v_c で車両が走行すると考えれば、車両は軌道狂いから変動力をうけ振動が生じるが、台車の振動はその振幅によって異なってくる。台車の回転振幅が ψ_A よりも小さな場合には運動は安定であり、振動は減衰する。しかし振幅が ψ_B をわずかも越えれば運動は不安定になり、振動は ψ_A になるまで増加し、その点で安定になり、リミットサイクルに落ち着く。

しかし上で述べた最低の蛇行速度を正確に計算することは点2を越えた境界線が、フランジとレールの横動遊間や、横方向のばね特性等の不確定な量に左右されて明確に求められないので、普通は困難であることを指摘している。

Kilb²⁰⁾はこの軌道反発力と横動遊間の間になんらかの関係があると考え、軸受部に働く横方向力 H と横動遊間、走行速度の関係について調べた。図-8はその結果

図-8 横動遊間と横方向力



を示したもので、横方向力 H は横動遊間が増加するにつれて増加し、この傾向は走行速度が高いほどいじりやすい。横動遊間は車両走行安定性の上からその量が決定されるが、以上の結果は可能なかぎり横動遊間を少なくすれば、軌道反発力を少なくすることができることを示している。

8. 牽引抵抗

溶接によるロングレールの採用は乗り心地の改善、騒音の減少ばかりでなく、走行抵抗の減少にも効果がある。イギリス鉄道の行なった実験によれば、ロングレールを用いた場合、新型貨物列車の牽引抵抗は 50 mile/h

で約 0.5 lb/t, 70 mile/h で約 1 lb/t 減少することが明らかになった²¹⁾。これは 1000 t の列車に対して原動機の効率を 0.8 と仮定すればおのおの 83, 230 hp の節約になる。

ハンガリーの Kerkápoly²²⁾ は、継目のあるレールを用いた場合の牽引抵抗が、継目間隔、車輪の直径、継目のくい違いに関係があると考え、理論的、実験的に解析を試みた。彼はレール継目による軌道の不整を a) 継目遊間、b) 鉛直方向段違い、c) 水平方向段違い、に分類し、そのおのおのについて牽引抵抗を計算した結果、継目があるときの牽引抵抗は、b), c) については速度の二乗に比例し、a) についてはある一定の速度までは速度の二乗に比例して増加するが、一定の速度を越えると速度の二乗に反比例して減少することを指摘し、実験解析から表-1 に示されるような結果を得た。さらにレー

表-1 ロングレールによる走行抵抗の減少

速度 (km/h)	走行抵抗 (kP/Mp)		走行抵抗の減少	
	レール継目あり	ロングレール	(kP/Mp)	%
50	2.76	2.01	0.75	27
50	3.20	2.49	0.71	22
50	3.50	2.88	0.62	18
75	3.32	2.95	0.37	11
75	3.19	2.89	0.30	9

ル継目による牽引抵抗を表わす実験公式を提案し、つぎのような式を与えている。

$$w_{st} = 0.008 \left(\frac{V}{10} \right)^2 [kP/Mp] \dots\dots\dots (6)$$

表-1 から明らかなように、継目のあるレールとロングレールでは、牽引抵抗は 27%~9% の程度の差があり、ロングレールの使用が、牽引抵抗を大幅に減少させることを示している。さらに騒音の点からもロングレールの長所をとりあげ、ロングレールを用いた方が会話の防げとなる音の周波数が低くなることを指摘している。

9. 粘着力

車輪とレールの間の粘着力に影響を与える要因を大別すると、車輪とレールの状態によるもの、機関車の構造や運転方式によるものに分類することができる。

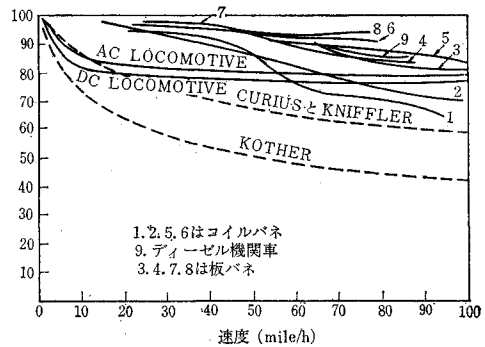
前者は主に気象条件、レールと車輪間の接触面積(車輪径と関係する)、接触面の状態等が考えられる。たとえばレール面上に油や金属性の堆積物が存在する場合には粘着力はいちじるしく低下し、空転の原因ともなる。したがって、車輪とレール面を清浄に保つことが望ましく、現在各国でレール面の清浄方法が開発されつつある。フランスでは、電気火花によって車輪とレール面の汚れを取りのぞく方法を試験的に検討した結果、ある

程度スリップを防止する効果があることが認められた。しかし実用化するためには通信妨害、車輪やレール材質への影響などの問題が残されている。従来用いられてきた砂にかわって、薬品を用いて粘着性を向上させる方法も考えられ、イギリスではメタ珪酸ソーダを散布させて粘着性能を改良する実験が行なわれた。その他ソ連でも仮焼ソーダと水ガラスからなる表面活性剤を用いる方法が検討されている。

後者は車輪の不均衡力や連結装置の位置などによる輪重抜け、あるいは再粘着性と関係する運転制御方式、交流、直流の別などがあげられ、低部引張り装置、電動機配列の改善、階段加速をなくすような連続制御などの方法がとられている。一般に主変圧器のタップ制御あるいは SCR の位相制御による単相交流機関車は空転速度を最小にすることができ、再粘着性能も大きい。

Koffman^{23), 24)} 等は車両の振動と粘着力の間になんらかの関係があることを指摘し、過去の実験記録^{23), 24)} から担ばねのたわみと粘着力の関係を求めた。図-9 は良

図-9 機関車の粘着係数



好に保守された継目のある軌道を走行する場合の軸重の減少を表わす担ばねのたわみと粘着力を走行速度に対して示したもので、いずれも車両が停止している状態を 100% としている。これによれば、高速時に粘着力の減少を防ぐためには台車の位置や、つり装置を適当に選択することによって、台車のピッチング、上下動の振幅を小さくし、鉛直方向の固有振動数を高くすることが必要であるとしている。

10. あとがき

車両と軌道の相互作用については、そのほかにも軌道構造や軌道の線形と車両運動との関係等、多くの重要な問題が残されているが、以上紹介した論文は、車両と軌道の相互作用に関する論文のごく一部にすぎない。筆者はできるかぎり焦点を車輪とレールの関係に限定し、これから派生する車両の動力学的問題を最近の研究から紹

介するように努めた。

本来車両が安全に走行するためには軌道との関係を無視することはできないが、今後車両と軌道を一体と考えた研究がさらに進められて行くことが期待される。

なお文献の集録にあたっては、東京大学大学院学生藤沢伸光氏の協力を得たことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 横瀬景司：“一軸車輪の脱線”，鉄道技術研究報告 No. 504 (車両編，第151号，p 21，昭和 40. 11)
- 2) Ishihara, Y.：“Outline of 250 km test uen run the New Tokaido Line”，Japan, Rly. Engng, 1963(Dec) 4 (No. 4)
- 3) Lujnov, J.M. and Kossikov, S.I.：“Friction on railway rails”，Convention on Adhesion 1963, 27 th-28 th Nov.(Instn. Mech. Engrs. London)
- 4) Andrews, H.I.：“Chemical methods of improving rail adhesion”，Convention on Adhesion 23 th-28 th Nov. (Instn Mech. Engrs, London)
- 5) Batchelor, G.H.：“The influence of track twist on vehicle design”，The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965, 9-11 th Nov. (Instn Mech. Engrs, London)
- 6) Gilchrist, A.O., Hobbs, A.E.W., King, B.L. and Washby, V.：“The riding of two particular designs of four-wheeled railway vehicles” The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965 9-11 th Nov. (Instn Mech. Engrs, London)
- 7) Koffman, J.L.：“Heumann type profile tests on British Railways”，Rly Gaz. London 1965 279,
- 8) 八十島義之助：“吊橋軌道とその車両走行安定性に関する研究 中間報告”東京大学工学部土木工学科
- 9) Carter, F.W.：“The electric locomotives”，Rrec, Instn. Civ. Engrs 1916 201, 221.
- 10) Carter, F.W.：“Railway electric traction 1922, (579 Edward Arnold, London)：On the stability of running of locomotives”，Proc. Roy. Soc., Serca A 1928 121, 585：“The running of locomotives with reference to their tendency to derail”，Instn, Civ. Engrs Select. Engng Papers No. 91, 1930
- 11) Cain, B.S.：“Vibration of road and rail vehicles”，1940. 149-189 (Pitman New York).
- 12) Davies, R.D.：“Some experiments on the lateral oscillation of railway vehicles”，F. Instn Civ. Engrs 1939 11, 224-261
- 13) DE Possel, R. and Beaufey, J.：“Papers awarded prizes in the competition sponsored by the Office of Research and Experiment of the International Union of Railways, Utrecht, 1960.
- 14) Müller, C.T.：“Wo stehen wir in der Gleislauftechnik, Das Schlengerproblem”，Glaser's Annln Gewerbe Bauw, 1958 82, 31,
- 15) 松平 精：“2軸鉄道車両のた行動とその防止法”第一報理論 機械学会論文集 12-1, 87, p 139-146
- 16) Kovalev, N.A.：“The lateral oscillations of rolling stock” Transzheldorizdat, Moscow, 1957.
- 17) Wickens, A.H.：“The dynamic of railway vehicles on straight track：Fundamental considerations of lateral stability”，The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965 9-11 th Nov.(Instn Mech. Engrs. London)
- 18) Bishop, R.E.D.：“Some Observations on linear theory of rail-way-vehicle instability”，The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965. 9-11 th Nov. (Instn Mech. Engrs. London)
- 19) Matsudaira, T.：“Hunting problems of big high-speed railway vehicles with special reference to bogie design for New Tokaido Line.” The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965, 9 11 th Nov. (Instn Mech. Engrs, London)
- 20) Kilb,：“Die elektrishe Bo' Bo'-Locomotive E 10003 der Deutschen Bundesbahn”，Elect. Bahn. 1953 24 (No. 10). 237.
- 21) Koffman, J.L. and Bartlette, D.L.：“An appreciation of the practical problems：A survey of the problems and their importance”，The Joint Convention on Interaction between Vehicle and Track 1965, 9-11 th Nov. (Instn Mech. Engrs, London)
- 22) Kerk'apoly, E.：“Der luckenlos geshweisste Oberbau aus der Sicht des Eisenbahnbetriebs”，E.T.R. 1965 14(No. 1-2)16.
- 23) Koffman, J.L.：“Adhesion and friction in rail traction；J. Instn loco. Engrs (Lond.) 1948 38. 593
- 24) Koffman, J.L. and Batchelor, G.H.：“Effect of suspension characteristics on Adhesion”，Adhesion Conference 1963 (Instn Mech. Engrs. London)

[担当委員 西岡 隆：東京大学工学部土木工学科]

出 版 案 内

第4回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要

体裁：B5判 53 ページ 定価 500 円 送料 60 円

第4回衛生工学研究討論会講演論文集

体裁：B5判 169 ページ 定価 1100 円 送料 100 円

第9回地震工学研究発表会講演概要

体裁：B5判 103 ページ 定価 700 円 送料 70 円

第14回橋梁構造工学研究発表会講演概要
—薄板および立体構造に関する研究—

体裁：B5判 195 ページ 定価 2000 円 送料 100 円

第12回水理講演会講演集

体裁：B5判 136 ページ 定価 800 円 送料 80 円

混相流シンポジウム講演前刷集

体裁：B5判 96 ページ 定価 600 円 送料 100 円

第2回岩の力学国内シンポジウム(1967)講演集

体裁：A4判 192 ページ 定価 1500 円 送料 100 円