

IV-408

慣性測定法における下限速度の低下

日本機械保線 正会員 佐藤吉彦
小田急電鉄 工務部 村松金二郎

1. まえがき

慣性測定法は1軸で軌道狂いの全項目を測定でき、車両に複雑な構造を必要としない点で優れた軌道検測方式であるが、加速度を2重積分して軌道狂いを求める際に、オペレーションアンプの測定可能限界ないで測定を行い、線形を除いて所要の波長範囲で測定を行うためにハイパスフィルタを通す必要がある。これに応じて、測定の際に測定データが誤差を伴わない下限速度が存在することとなる。この慣性測定法を活用したトラスク^{1)・2)}の原理に基づく軌道検測車の実現に際して、この下限速度の特性を明らかにして、これを低下する手法を明らかにしたので、以下これについて報告する。

2. 検測車の概要

検測車本体には、図1に示すバラストコンパクターを改造した車両を用い、この小田原方の前軸の軸箱に高低、水準平面性狂い測定用加速度計を取付け、軌間、通り狂い用の渦電流式レール変位計と加速度計は、この軸箱から新宿方の車輪との間に突き出した腕木の先にレールに対向して取り付けた。

車上では、これらの信号を原波形測定ユニットに取り入れ、車上ではその100m間の最大値をパーソナルコンピュータの画面で監視することにより測定が確実に行われていることを確認し、停車後区間最大値を打ち出し、測定終了後地上でデータ処理をすることにより狂いを求める。高低狂いは、軸箱加速度を2重積分して測定位置の補正²⁾をして狂いの原波形を求めた後10m弦正矢の狂いとして求め、水準は、左右の高低原波形の差を取りこれからその20m平均値を差し引いて求め、さらに水準の5m間の差として平面性狂いを求める。通り狂いは、通り用加速度計からの出力を2重積分した慣性通りから、レール変位計の出力との値を差引くことにより慣性空間に対する通り狂いの原波形を求め、さらにこれから10m弦正矢を計算することにより求めている。軌間は、レール変位計の出力の和によりこれを求める。

長手方向の位置に関しては、基本的にはエンジンの回転数に応じた距離パルスが発生し、さらにその位置を地上の情報により確認するために、地上においたデータパルの地上子により所定のKMの位置で+5vのパルスを発生させ、これを軌道狂いのA/D変換した情報とともに記録する。狂い測定用センサの取り付け位置とKMセンサの取り付け位置の差はその値に応じて補正している。地上処理では、まずKMを割り付けた

1m代表値を作製した後、狂いを次の方式で表示する。

軌道狂い限度超過所リスト、軌道狂い・速度
・地点標識一覧表、測定原波形・速度・地点
検知・キロパルスチャート、軌道狂い20m
ロット代表値チャート、トラスクチャート、
測定原波形・速度地点検知・キロパルスデ
ータ一覧表

3. 下限速度に関する理論

在来線トラスク検測車において必要とされるのは、10m弦正矢でそれ以上の弦長の狂いは当面必要とされないので、ハイパスフィルタのカットオフ波長を、従来の東海道新幹線の確認型トラスクで40m弦正矢測定のため100mとしていたのに

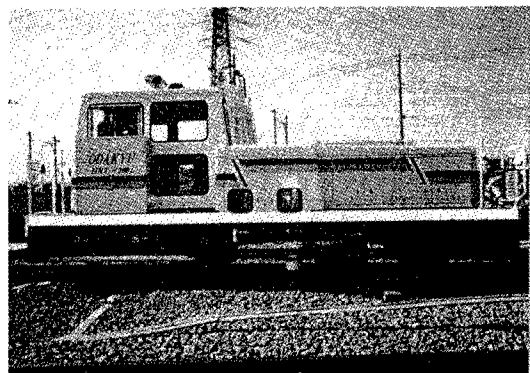


図1 トラスク検測車の外観

対して 60 m とした。このフィルタによる高低狂いと通り狂いの測定結果を示したのが図 2 で、高低狂いに対しては、15 km/h でも十分な再現性が示されたが、通り狂いに関してはその下限速度が 35～30 km/h 程度であると考えられた。そこで、通り狂いに関して、どのようにしたら当初の目標とした下限速度 25 km/h が実現できるかを求めた。

この加速度のハイパスフィルタを含んだ 2 重積分回路の特性は次式で与えられている。

$$G = \frac{A}{\{(-\omega^2 + 2\zeta_1 V \Omega_1 \omega + (V \Omega_1 \omega)^2)\} \{(-\omega^2 + 2\zeta_2 V \Omega_2 \omega + (V \Omega_2 \omega)^2)\}} \quad (1)$$

ただし、G：ハイパスフィルタの周波数応答関数、A=980、 ω ：時間円周波数、 $\zeta_1 = 0.92387$ 、 $\zeta_2 = 0.382$
 63：減衰係数、 $\Omega_1 = 2\pi/\lambda_1$ 、 λ_1 ：カットオフ波長

これを速度 V をパラメータとして図示したのが図 3 で各速度に応じてピークが生じ、これが速度とともに急激に大きくなっていることが認められる。これがオペレーションアンプの限界を越えると発振してしまうために、このときの速度が下限速度となるのである。このピーク G_p は $\omega = V \Omega_1$ の時に発生するので、これを求めるとこれは次のように与えられる。

$$G_p = \frac{A \lambda_1^2}{4 \zeta_1 \zeta_2 (2\pi V)^2} \quad (2)$$

これによればこのピークは速度の 2 乗に逆比例して急速に下がり安定することとなる。また、この式から、この加速度に関する回路のピークを一定値以下に保つためには、カットオフ波長と下限速度の比を一定に保てばよいことから、カットオフ波長 60 m で 30～35 km/h の下限速度は、これを 40 m とすれば 20～25 km/h に下げられるものと考えられ、これを実施した結果所期の成果を上げることができた。

4. むすび

慣性測定法は、その測定が理論的に明快であり、機械的な複雑な構造を必要としないことから容易に精度を上げることができるとともに、高速軌道検測車に比べて 1/10 の費用でこれと同等な性能に実現することが出来る優れた方式であるが、下限速度に関する特性が不明であったためにその使用がためらわれてきたが、これが可能となったことにより広範な使用が可能になったものと考えられる。

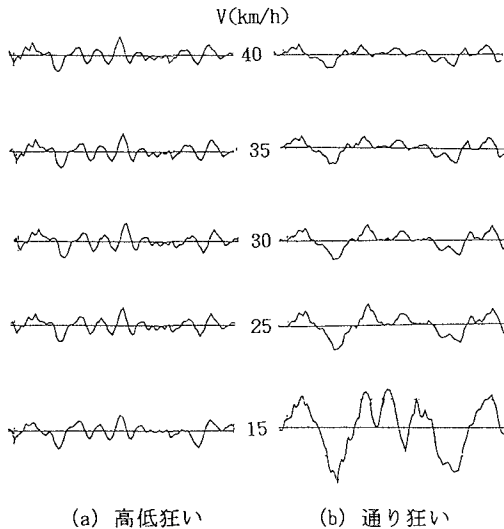


図 2 下限速度に関する検討

文 献

- 1) 南島袈裟彦、近藤邦弘、佐藤吉彦：” 軌道状態確認装置（TRASC）の実用化土木学会第49回年次学術講演会（1994.9）。
- 2) 塚部啓太、川越正啓、佐藤吉彦：” 軌道状態確認装置（TRASC）における精度向上” 第50回土木学会年次学術講演会（1995.9）。

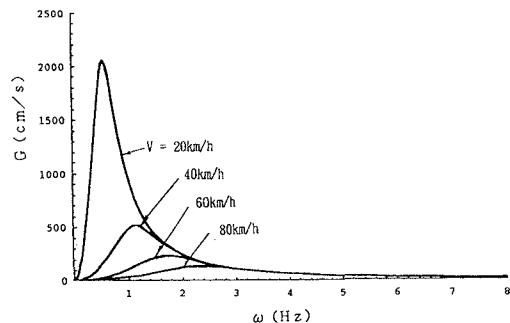


図 3 2 重積分回路の特性