

1. まえがき

在来線における旅客列車の動揺と軌道狂いとの関係を把握するため、東北本線の485系特急電車で実測された車両動揺加速度と、高速軌道検測車による軌道狂いおよび軌道狂い指数(P値)との関係について解析した結果を報告する。

2. 車両動揺加速度(左右動)と軌道狂いとの関係解析

2.1 測定記録

東北本線上野～仙台間における485系特急電車の動揺測定記録(車両運動研究室の測定による)から全振幅0.13g以上の左右動を読取り、軌道検測記録からこれに対応する軌道狂い量、曲線半径を読取った。左右動加速度の値としては2, 8, 12号車の3車両の平均値を用いた。

2.2 列車動揺と軌道狂いの関係

列車動揺に関係する軌道側因子として、通り狂い、水準狂い、曲線半径を選ば、走行速度70～90 km/h, 90～110 km/h, 110 km/h以上と20 km/h毎に左右動加速度との関係を解析した。この結果左右動と通り狂いの比、左右動と水準狂いの比、左右動と曲率の比はいずれもデータの集合としてばらつきは存在するが、平均的には走行速度が高くなるにつれて大きくなる傾向が認められた。

2.3 左右動揺の重回帰分析

以上の左右動と走行速度、軌道側因子との関係を定量的に明らかにするために、式(1)のような回帰式を仮定し重回帰分析を行なった。その結果式(1)による計算値と特異値を除いた実測値の間に、図1に示すように相関が得られた。

$$\ddot{Y} = (ax + by + \frac{c}{R} + d) v \quad \dots\dots (1)$$

$\ddot{Y}$ ……左右動全振幅加速度 (G)

x ……通り狂い (mm)

y ……水準狂い (mm)

R ……曲線半径 (m)

v ……走行速度 (km/h)

この式により水準狂いが小さい(3mm)場合の通り狂いと左右動との関係を図2(1)に、通り狂いが小さい(3mm)場合の水準狂いと左右動の関係を図2(2)に示す。これによれば左右動に対しては、水準狂いより通り狂いの与える影響が大きく、また走行速度の影響が大きく現れている。曲線半径とそれに対する運転取扱基準規程に定める速度に対して

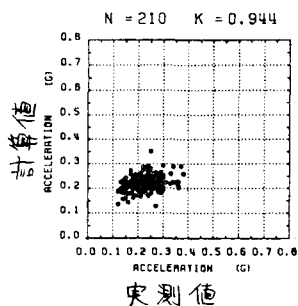


図-1 左右動 実測値と計算値

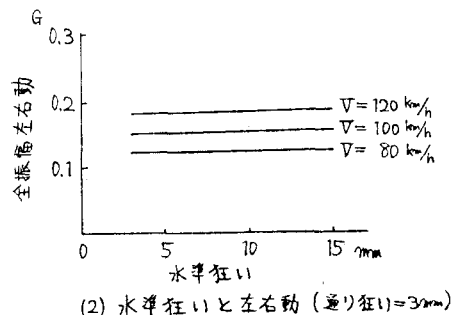
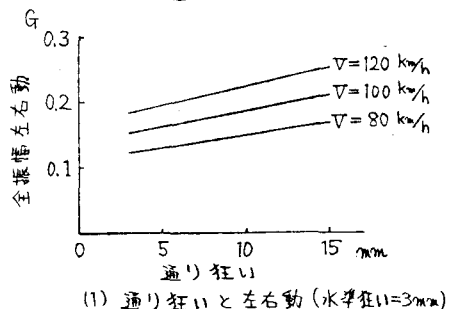


図-2 通り狂い、水準狂いと左右動(回帰式)

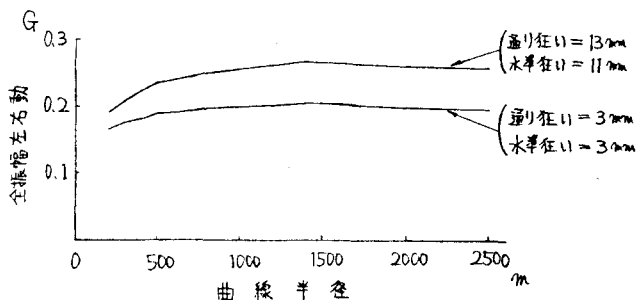


図-3 曲線半径と左右動(速度=本則+5km/h) [回帰式]

+5 km/h で走行した場合の左右動の関係は狂いが小さい (通り狂い = 3mm, 水準狂い = 3mm) 場合と、やや大きい場合 (通り狂い = 13mm, 水準狂い = 17mm) について示したのが図3である。これによれば曲線半径 1400 m までは曲率の影響は小さくなるが、走行速度の上昇により左右動は大きくなる。これより大きい曲線半径では速度 120 km/h で一定であるが曲率が小さくなるため左右動は若干減少傾向にある。また、この左右動発生箇所における 10 m 弦通り狂いと 20 m 弦通り狂いの関係について検討した結果、この両者には相関があり前者は后者の約 1.9 倍となっている。

3. 乗心地レベルと軌道狂い指数 (P 値) との関係解析

3.1 測定記録

東北本線上野～青森間における 485 系特急電車の各駅間の動揺測定記録 (車両運動研究室の測定による) より、実効値、乗心地レベルを算出した。高速軌道検測記録については標準 500 m の P 値より各駅間の平均 P 値を算出した。

3.2 動揺実効値および乗心地レベルと P 値の関係

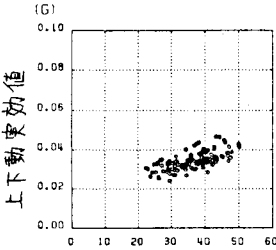
上下動実効値と高低 P 値、また左右動実効値と通り P 値、水準 P 値との関係は図 4 (1)～(3) に示すように、上下動は P 値との相関が強いが、左右動においては相関は弱くなっている。新しい乗心地基準として乗心地レベルが式 (2) のように提案されたので、この乗心地レベルと P 値との関係を調べた。ここでも図 5 (1)～(3) に示すように上下動乗心地レベルは高低 P 値との相関が強くなっている。

$$L_T(\text{dB}) = 20 \log \frac{\bar{a}_w}{a_{\text{ref}}} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{a_w^2(t)}{a_{\text{ref}}^2} dt \quad \dots (2)$$

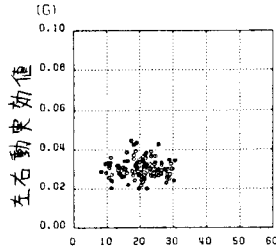
$$\bar{a}_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} = (a + b)v \quad \dots (3)$$

- L_T …… 乗心地レベル (dB)
- $a_w(t)$ …… 周波数補正した振動加速度 (m/sec²)
- $\bar{a}_w$ …… $a_w(t)$ の実効値 (m/sec²)
- a_{ref} …… 基準加速度 (= 10⁻⁵ m/sec²)
- T …… 平均時間 (sec)
- P …… 高低 P 値
- v …… 走行速度 (km/h)

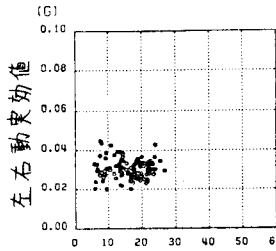
以上の結果より周波数補正した振動加速度の実効値を式 (3) のように仮定し重回帰分析を行った。その結果計算値と実測値とは良い相関が得られ、図 6 は高低 P 値と上下動乗心地レベルを走行速度をパラメータとして示したものである。



(1) 高低 P 値

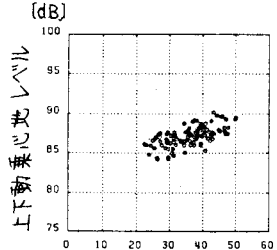


(2) 通り P 値

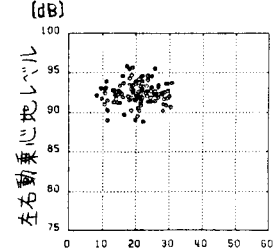


(3) 水準 P 値

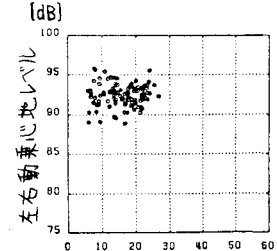
図-4 P 値と振動実効値



(1) 高低 P 値



(2) 通り P 値



(3) 水準 P 値

図-5 P 値と乗心地レベル

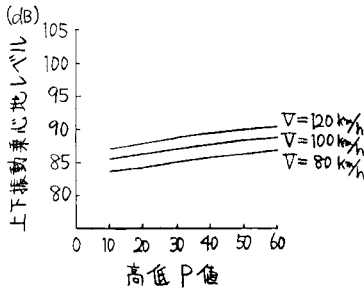


図-6 高低 P 値と上下動乗心地レベル (回帰式)