

高速走行時の緩和曲線における車内加速度・ローリング角速度の変化

神戸高専 都市工学科 フェロー 橋本 渉一

1. はじめに

在来線の緩和曲線の線形は直線通減の3次放物線となっているが、新幹線軌道ではサイン半波長通減が採用された。より高速走行する超電導磁気浮上式鉄道の山梨リニア実験線では検討の結果、新幹線と同様にサイン半波長通減が採用され1997年より継続的に試験走行が行われている。

本研究は、現行新幹線および超電導磁気浮上式鉄道で緩和曲線区間を高速走行する際に、乗り心地^{2) 3)}に関係すると考えられる車内床面平行加速度およびローリング角(床面回転角)の変化について比較検討することを目的とする。

2. 緩和曲線内の車内加速度・ローリング角速度

新幹線および浮上式鉄道の緩和曲線において曲率およびカントはサイン半波長で通減され、その平面線形はx-y座標軸において式(1)で表される。

また加速度の変化率(Jerk)は式(2)、ローリング角速度は式(3)、ローリング角加速度は式(4)で表される。

$$y = \frac{x^2}{4R} + \frac{L^2}{2\pi^2 R} \left(-1 + \cos \frac{\pi}{L} x\right) \quad \cdots (1)$$

$$\frac{d^3 y}{dt^3} = \frac{\pi v}{2L(t)} \alpha_u \sin(\pi v^2 t / L) \quad \cdots (2)$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\pi v}{2L(t)} \Phi \sin(\pi v^2 t / L) \quad \cdots (3)$$

$$\frac{d^2 \phi}{dt^2} = \frac{\pi^2 v^2}{2L^2(t)} \Phi \cos(\pi v^2 t / L) \quad \cdots (4)$$

ここに y …平面曲線 (m)

x …進行方向距離 (m)

R …平面曲線半径 (m)

v …走行速度 (m/sec)

L …緩和曲線長 (m)

 α_u …床面平行加速度 (m/s²) Φ …車体回転角 (°) ϕ …ガイドウェイに対する車体回転角

t …走行時間 (sec)

進行方向の距離軸(m)に対する加速度の変化率(Jerk)を図1に示す。Sin曲線で表され最大値は緩和曲線中央で現れる。同様にローリング角加速度を図2に示す。Cos曲線で表され最大値は緩和曲線の始点および終点に現れ、サイン半波長通減の場合にはその前後区間とは不連続となる。

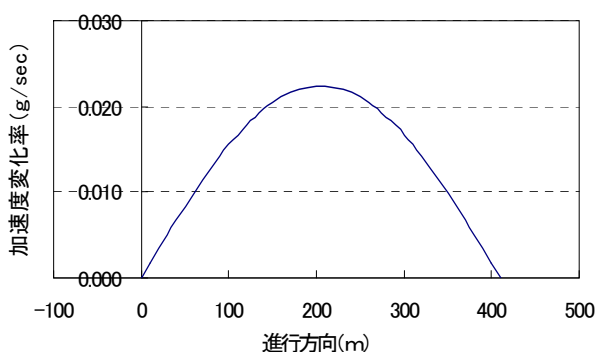


図1 床面平行加速度の変化

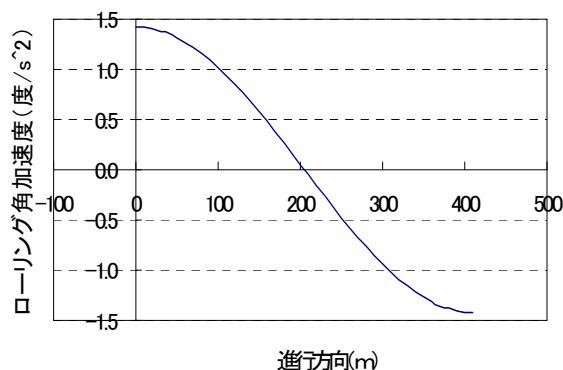


図2 ローリング角加速度の変化

キーワード 高速走行 緩和曲線 加速度変化 ローリング角加速度

連絡先 〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3 神戸高専都市工学科 TEL 078-795-3268

3. 走行速度および曲線諸元

超電導磁気浮上式鉄道の曲線条件は、山梨リニア実験線の諸元を用いる。また東海道新幹線は N700 の軌道面に対する車体姿勢制御+1° 時の 270 km/h 走行、山陽新幹線は 500 系車両による 300 km/h 走行の条件を用いる。

表 1 在来新幹線およびリニアの線路

	速度 (km/h)	R半径 (m)	カント mm 度	緩和曲線長 (m)
東海道	255	2500	200	410
東海道(制御)	270	2500	200mm+1°	410
山陽・東北・上越	300	4000	200	450
整備	320	4000	15000	505
リニア500	500	8000	10°	800
リニア550(制御)	550	8000	10+1.5°	800

4. 超高速鉄道および新幹線の線形

4.1 床面平行加速度

表 1 に示す線路諸元の緩和曲線区間を高速走行した場合の、床面平行加速度および加速度変化率の最大値を図 3 に示す。

在来新幹線では床面平行加速度および加速度変化率ともに、東海道新幹線において車体姿勢制御車両が 270km/h 走行した場合が大きく、次いで山陽・東北・上越、東海道（制御なし）、整備新幹線の順となっている。

超電導磁気浮上車両が 500km/h 走行した場合には、ほぼ整備新幹線における値と同等で小さくなっている。車体姿勢制御を行い床面平行加速度 0.09 g 程度まで 550km/h の速度向上を行った場合には、同比率で加速度変化率も増加を示す。

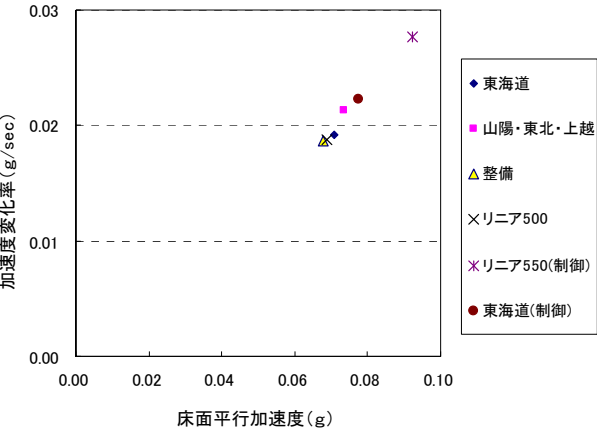


図 3 床面平行加速度の変化

4.2 ローリング角速度

表 1 に示す線路諸元の緩和曲線区間を高速走行した場合の、ローリング角速度およびローリング角加速度の最大値を図 4 に示す。

ローリング角速度およびローリング角加速度ともに、東海道新幹線において車体姿勢制御車両が 270km/h 走行した場合が大きく、次いで整備新幹線、東海道（制御なし）、山陽・東北・上越、の順となっている。

超電導磁気浮上車両が 500km/h 走行した場合には、東海道（制御付き）より若干大きい値を示している。

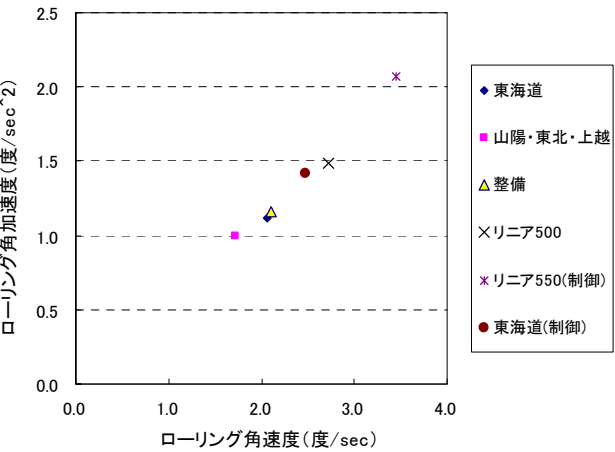


図 4 ローリング角速度の変化

5. まとめ

新幹線および浮上式鉄道が緩和曲線を高速走行する場合の車内床面平行加速度およびローリング角速度変化の検討結果は以下の通りである。

- (1) 床面平行化速度およびその変化率は、現行各新幹線は同等の値を示し、浮上式鉄道の 500km/h 走行時も同等の値である。
- (2) 床面回転角およびその変化率は現行各新幹線では、若干の開きがあり、浮上式鉄道の 500km/h 走行時は現行新幹線より僅かに大きい値を示す。

【参考文献】

- (1)橋本渉一：「超高速鉄道の線形基準」神戸高専研究紀要,No.39,pp.97-102,2001.3
- (2) 松浦章夫,橋本渉一,古川敦：「超電導浮上式鉄道ガイドウェイの施工精度と乗り心地レベル」,土木学会論文集,No.482/IV-22,pp.67-76,1994.1
- (3) 橋本渉一「超高速鉄道における平面・縦曲線競合区間走行時の車内加速度評価」土木学会関西支部年次学術講演会概要集,IV-27,2009.5