

第IV部門

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

神戸高専 都市工学科 フェロー 橋本 渉一

1. はじめに

鉄車輪・鉄レール方式の次世代超高速鉄道として研究が進められてきた超電導磁気浮上式鉄道¹⁾は、30年以上の技術開発を経て実用化に向け山梨リニア実験線²⁾が建設され1997年より継続的に試験走行が行われている。

本研究は、将来営業運転が計画されている超電導磁気浮上式鉄道の平面および縦曲線が競合する場合の車内の定常加速度に対し、在来新幹線における最高速度走行時の条件と比較し、評価することを目的とする。

2. 世界の高速鉄道の線形基準

世界の主な高速鉄道の設計最高速度と最小曲線半径³⁾を図1に示す。近年の設計最高速度は300~350km/hで計画され、最小曲線半径は8,000m領域の規格が採用されている。乗客に作用する定常加速度の観点から曲線半径は大きい値が採用されるが、その反面ルート選定時の拘束は多くなる。500km/h超の高速領域を計画している浮上式鉄道の場合には、この延長線上で考えると10,000m領域より大きい曲線半径を採用することになるが、ルート選定上の自由度を大きくすることを念頭に、より小さい曲線半径を採用するための検討が行われ、線路建設時の基準となる平面曲線、最大カント、緩和曲線長、縦曲線等の基本的諸元⁴⁾や乗り心地管理に関わる許容狂い等の基準値が定められた。⁵⁾

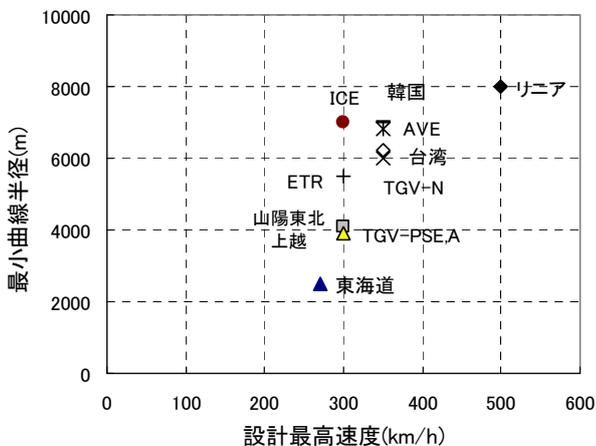


図1 設計最高速度と最小曲線半径³⁾

3. 曲線走行時の車内定常加速度

3.1 平面曲線走行時の加速度

平面曲線走行時の車内で乗客の受ける床平行および直交加速度は、式(1)(2)で表される。

$$\alpha_{hu} = \frac{v^2}{gR_h} \cos(\theta - \phi) - \sin(\theta - \phi) \quad \dots (1)$$

$$\alpha_{hv} = \frac{v^2}{gR_h} \sin(\theta - \phi) + \cos(\theta - \phi) \quad \dots (2)$$

- ここに
- α_{hu} ・・・平面曲線時の床面平行加速度 (g)
 - α_{hv} ・・・平面曲線時の床面直角加速度 (g)
 - R_h ・・・平面曲線半径
 - v ・・・走行速度
 - g ・・・重力の加速度 (9.8m/s²)
 - θ ・・・ガイドウェイのカント角
 - ϕ ・・・ガイドウェイに対する車体回転角

3.2 縦断曲線走行時の加速度

縦断曲線走行時の走行速度、車内で乗客の受ける床平行および直交加速度は、式(3)(4)で表される。

$$\alpha_{vu} = \frac{v^2}{gR_v} \cos(\theta - \phi) \quad \dots (3)$$

$$\alpha_{vv} = \frac{v^2}{gR_v} \sin(\theta - \phi) \quad \dots (4)$$

- ここに
- α_{vu} ・・・縦曲線時の床面平行加速度 (g)
 - α_{vv} ・・・縦曲線時の床面直角加速度 (g)
 - R_v ・・・縦曲線半径

3.3 曲線競合時の加速度

地形、地質、沿線地域の条件を考慮しルート選定を行う場合、平面および縦曲線の競合を避けられない場合もあり得る。

車内定常加速度を緩和させることを目的とし、両曲線の競合を積極的に利用することも提案⁶⁾されている。

両曲線が競合する場合の車内定常加速度は、各曲線が単独で存在する区間の定常加速度の和で表されるとすると、式(5)(6)で表される。

$$\alpha_u = \alpha_{hu} + \alpha_{vu} \dots (5)$$

$$\alpha_v = \alpha_{hv} + \alpha_{vv} \dots (6)$$

ここに α_u ・・・曲線競合時の床面平行加速度 (g)
 α_v ・・・曲線競合時の床面直角加速度 (g)

4. 超高速鉄道および新幹線の線形

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 リニアおよび在来新幹線の線路諸元

	速度(km/h)	平面(m)	縦(m)	カント
浮上式	500	8000	40000	10°
東海道	270	2500	10000	200 mm
山陽	300	4000	15000	155 mm

表1に示す線路諸元の曲線が競合した場合、車体の台車に対するロール変位がなく床面はガイドウェイ・軌道面と平行であると仮定した場合、車内の乗客が受ける床面平行および直交の定常加速度は図1の通りである。

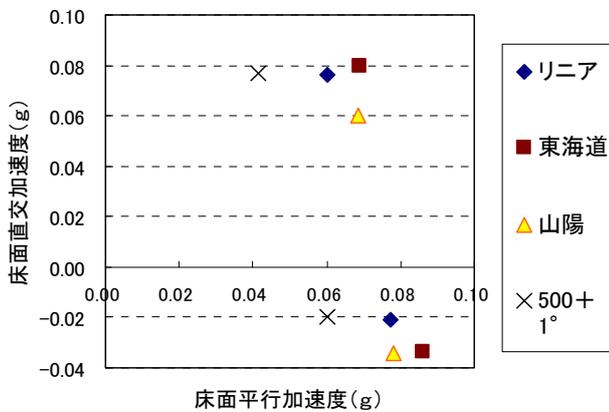


図1 曲線競合時の床面平行・直交加速度

500km/h 走行時には、現行の東海道・山陽新幹線車両内で受ける加速度より小さく良好な状態を示しており、もしガイドウェイ面に対し+1° の制御を行った場合には、床面平行加速度は縦凹曲線区間で-30%以上、縦凸曲線区間で-20%以上の効果が見られる。

5. 500 km/h 超の速度域の検討

超電導磁気浮上式鉄道のシステム設計は 500 km/h 領域の超高速走行を対象としているが、+50km/h の速度向上時を考慮し、4章と同様の検討結果を図2に示す。

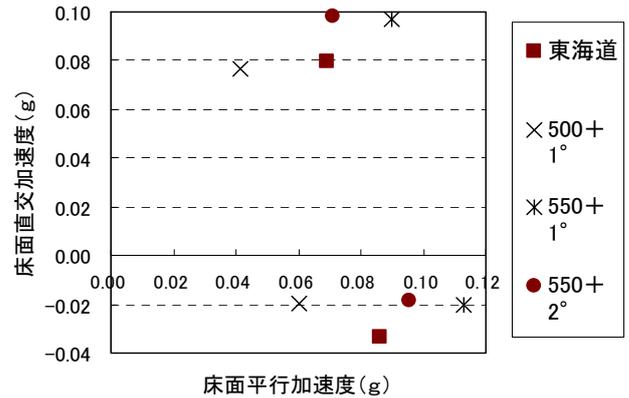


図2 曲線競合時の床面平行・直交加速度

550km/h 走行時にはガイドウェイ面+1° の制御時の車内加速度は、凹、凸縦曲線走行時には東海道新幹線より+30%以上となり、+2° の制御を行う場合には東海道新幹線に近い値を示している。

6. まとめ

500km/h の超高速領域で曲線半径、縦曲線競合区間を走行する浮上式鉄道の車内定常化速度の検討を行った結果をまとめると以下の通りである。

- (1) 500km/h 走行時には現行の東海道・山陽新幹線と比較するとより小さい値を示し、+1° の姿勢制御を行った場合には、より良好な状態となる。
- (2) 550km/h 走行時には+1° 姿勢制御時には現行の東海道・山陽新幹線と比較して+30%以上大きくなり+2° 姿勢制御時には、現行新幹線ろほぼ同等の値を示す。

【参考文献】

- (1)宮田尚彦,松浦章夫,高木肇：「超電導磁気浮上式鉄道」土木学会論文集,No.415/VI-12,pp.17-25,1990.3
- (2)橋本渉一：「浮上式鉄道ガイドウェイの研究と技術開発」,土木学会論文集,No.619/ I -47,pp.1-12,1999.4
- (3)高井秀之：「高速鉄道の線形基準に関する調査」鉄道総研報告,Vol.9,No.12,pp.61-66,1995.12
- (4)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
- (5) 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
- (6)八十島義之助「高速鉄道の曲線設計について」土木学会年次学術講演会概要集,IV-110,pp.271-274,1971.10