

1. はじめに

高速鉄道の線形設計について従来の考え方から一歩出たものを考えた。その積極因子としては振り型式の電車の採用であり、消極因子としては乗心地についての制約条件である。

まず在来線における高速走行電車の現在行われてゐる試作を取上げた。すなわち在来線の軌道条件のもとでさらに曲線の高速通過を企て、そのために振り式電車の実用化が進んでゐるのである。一方、情報処理技術の進歩が複雑線形の路線選定を容易確実なものにしていることも無視できない。

それでは振り式電車の実用化は新幹線、超高速鉄道になにをもたらし得るだろうか。未だ検討しなくてはならぬ点もいろいろありそうだが、次のような提案をした。

2. 振り式電車と線形設計

目下研究中の振り型電車は^{*1}、カント量もきまつており、新旧、大小、貨客さまざまな車輛が通過する在来線路で、最高速度をあげるために用いられようとしている。この場合は仮りに床上横加速度は減少させ得ても、軌道面における偏心率(b/Ge) (図-1参照)の増大は目下の試作の範囲では防げない。したがつて高速走行時の転覆に対する走行安全性の低下は防げなそうである。

ここで提案するのは、振り型の特徴を曲線上停止または微速通過時に発揮してもらうのである。この際も当然偏心率の絶対値は増すが、走行速度はのちまたは小さいし、従来、重心の高い蒸気機関車に対して許容されてゐる限度とほぼ等しくするから、それよりも危険であるという事はない。このような利用法については外国の例として紹介されてゐるから^{*2}、ここであらためて提案するに当たらないかもしれないが、新幹線について数字で説明しよう。

実カント量の最大限³は、車両停止時の乗客の不快感と安定性によつてきまる。不快感の点は、振り式を採用するから床面は水平であり、問題はない。一方安定性だが、重心の高い蒸気機関車に許容されてゐたように、車両に加わる重力が相当軌間 Ge の中央の $1/3$ すなわち偏心率 $1/6$ の限度一杯にのけるとしよう。図-1より

$$C_m = Ge \sin \alpha \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{b}{H} \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$b = \frac{1}{6} Ge \quad \cdots \cdots \cdots (3)$$

(2)、(3)式を(1)式に代入すると、

$$C_m = Ge \sin \tan^{-1} \frac{Ge}{6H} \quad \cdots \cdots \cdots (4)$$

新幹線の場合、 $H = 1,450 \text{ mm}$ ^{*3}、 $Ge = 1,485 \text{ mm}$ とおいてよいと考えられるから、これらの数字を(4)式に入れて

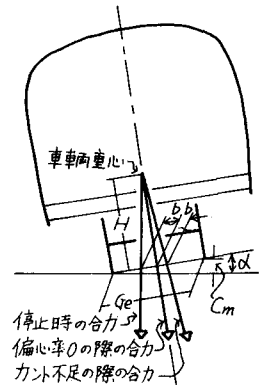


図-1

$$C_m = 250 \text{ mm}$$

高速走行する場合、できるなら設計の段階では超過遠心力は認めたくない。となると、実カント量 $C_m \text{ mm}$ 、曲線半径 $R \text{ m}$ 、走行速度 $V \text{ km/h}$ 、相当軌面 G_e の間には次式がなりたつ。

$$C_m = \frac{G_e V^2}{127 R} \quad \therefore R = \frac{G_e V^2}{127 C_m} \text{ ----- (5)}$$

設計速度として $V = 250 \text{ km/h}$ を代入すると (5) 式より $R = 2,923 \text{ m} \div 2,900 \text{ m}$ となる。
この数字を山陽新幹線で採用されるものと比較すると表-1 のようになる。

すなわち曲線半径はかなり

急なもので使用することになる。なお限界風速は1～2%低下するにすぎない。

3. 乗心地確保と

凸型縦断曲線

超高速鉄道は最近運輸者、

国鉄の技術開発の対象となっているものであり、ここでは次の性能をもつものとして。

磁気浮上式で磁気支圧面幅3m^{*4}

重心高1.5m、最高速度500km/h、車室は振式

前項と同様の考察を進めればよいが、一つ追加しなくてはならぬことがある。それは床面上昇加速度である。超高速鉄道に於ても前項と同様に停止時の偏心率を1/6まで認められるとすると、非常に大きな実カントが設定可能となる。

このような軌道上を高速走行すると、床上の乗客は凹型縦断曲線とのぼつてゆくような、すなわち床面上昇加速度を大きく受けることになる。これは限度をこすと不快である。

まず床面上昇加速度 $a_p \text{ cm/sec}^2$ の算出式を求めておこう。(図-2)

a) 直線部で縦断曲線を通過する場合(図-2b)

$$a_p = a'_p = \frac{v^2}{r_v} \cos \alpha \text{ ----- (6)}$$

ただし v : 走行速度 cm/sec

r_v : 縦断曲線半径 cm

b) 平坦部で平面曲線通過の場合(図-2a)

$$a_p = a''_p = \frac{v^2}{r} \sin \alpha \text{ ----- (7)}$$

ただし α : 床面傾斜角, r : 平面曲線半径 cm

従来の在来線、新幹線について最も厳しい条件のもとで計算しても、平面曲線部では(7)式より床面上昇加速度 a_p は0.009～0.021g程度であり、一方縦断曲線では(6)式より a_p は0.033～0.035gまでしか認められていない。

一方、床面傾斜角は超高速鉄道の上述の想定値と偏心率1/6との条件から(2), (3)式が適

表-1 設計速度250kmの場合^{*7}

	曲線半径 R	実カント量 C_m	高速時における カント不足量 C_d
山陽新幹線の場合	4000m	180mm	10mm
振子式電車採用の場合	2900	250	0

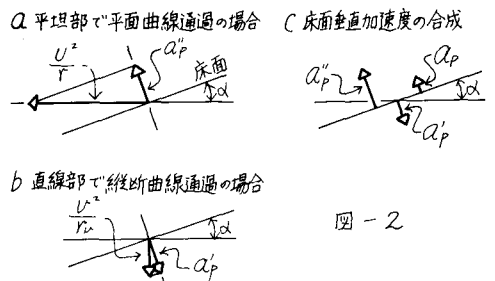


図-2

用され、数値を入れると、

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{3,000}{6} \times \frac{1}{1,500} \right) = 0.322 \div 18^{\circ}30'$$

この際の床面上昇加速度は大きくて、(表-2, B)とても上述のような数字ではおさまらない。それを打消す手段として、平面曲線には同時に凸型縦断曲線を設置するのである。小さな半径の縦断曲線ならば打消しの効果も大きいが、今度は軌道面での下向加速度が大きくなって、これは輪圧が抜けて偏心率が0でなくなり^{*5}、走行安定性も害してしまう。その限界は偏心率が0に止まることと、現在縦断曲線で認められている下向加速度、すなわち0.035g以下という条件をみたすための数式を求めてみよう。

車両の下向加速度が限度内にはいるためには(6)式より

$$r_v \geq \frac{v^2}{a_p} = \frac{v^2}{0.035g} \text{ ----- (8)}$$

まず上述の r_v に縦断曲線半径はおさまらなくてはならない。凸型縦断曲線のために輪圧が抜けて偏心率が0ではなくなるが、それをふたたび0にもどす条件は、次の式による。

$$\tan \beta = \frac{\frac{v^2}{r}}{g - \frac{v^2}{r_v}} \text{ ----- (9)}$$

ただし β : レール面傾斜。今回は偏心率を0とするから床面傾斜 α と同じとなる。

床面上昇加速度 a_p は単に平面曲線を走行するときに生じるもの a'_p から、凸型縦断曲線を走行するもの a''_p を引いた値であるから(図-2C)

$$a_p = a''_p - a'_p$$

となり、これに(6)、(7)式を代入すると、

$$a_p = v^2 \left(\frac{1}{r} \sin \alpha - \frac{1}{r_v} \cos \alpha \right) \text{ ----- (10)}$$

(8)、(9)、(10)式より

$$r_v \geq \frac{v^2}{0.035g} \text{ ----- (11)}$$

$$r \geq \frac{v^2 r_v}{(g r_v - v^2) \tan \beta} \text{ ----- (12)}$$

$$r = \frac{r_v \sin \alpha}{\frac{a_p}{v^2} r_v + \cos \alpha} \text{ ----- (13)}$$

(11)、(12)、(13)式より r と r_v を求めれば良いことになる。以上の式から設計速度500km/hの場合の数値を求めると表-29ようになる。

すなわち振り式電車を採用し、かつ床面上昇加速度をいくら規制しても、平面曲線半径にかなり小さな値が採用できて、その分だけ線形設計が容易となるのである。なお床面上昇加速度は旅客飛行機の場合同時に0.1g以上を認めているようであるから^{*6}、又許容最急勾配によって曲線長に制限

表 - 2 設計速度500kmの場合^{*7}

		最少曲線半径 R	凸型縦曲線半径 R _v	レール面傾斜 β	床面上昇加速度 a _p
A	従来方式	14700 ^m	(もともとつけない)	0.133	0.018g
B	振子式電車採用のみ-その1	6100	(全 上)	0.322	0.102g
C	全 上 -その2	12500	(全 上)	0.224	0.050g
D	全上但し床面上昇加速度を 従来方式にみに規制	9100	56200 ^m	0.322	0.035g
E	全上但し床面上昇加速度の 規制を若干ゆるめる	6400	全 上	全 上	0.050g

が必要となる。これらの規制の限界はかなり検討しなくてはならない。

4. おわりに

以上のように振子式電車採用の条件を新線建設における線形設計に取入れたり、凸型縦断曲線を平面曲線に併用することにより平面曲線半径を縮小しようとするのが今回の提案である。これによつて縦断線形は若干拘束を受けるが平面線形の自由度は増し、線路選定は楽になり、したがつて工費節減にも役に立つはずである。もちろん緩和曲線とも同様の主旨により設計する。

なお、高速時における超過遠心力の採用をはじめとして、諸数値が変更されれば、その分だけさらに有利な条件も見出し得よう。もっともまだ「実現の段階には到らず」、また思ひぬ問題もあるかも知れず、これらについては今後の検討にまわりたいと考えている。

*1 副島広海 「曲線の通過速度の向上について」 1968-4 JREA

酒井佐之 「曲線高速台車の試験」 1969-1 JREA

国枝正春 「曲線高速走行台車の理論と実測」 1969-4 JREA

山本利三郎 「鉄道曲線通過改良の必要性和その現状」 1969-8 JREA

湯村克造他 「旅客列車の高速化」 1969-9 JREA

*2 野村一朗他 「フランス国鉄の速度向上について」 1970-7 JREA

*3 町田富士夫他 「新幹線の計画と設計」 1968 山海堂

*4 植田哲也他 「超電導体を利用した磁気浮上列車の可能性」 1969-11 JREA
より想定

*5 松原健太郎 「新幹線の軌道」 1964 日本鉄道施設協会

*6 DC-8型機は航速200ノット、半径6,200ft、枕材傾斜角30°で旋回すると
いわれ、これより計算すると床面上昇加速度は0.1gをこえる。

*7 数字は四捨五入