

IV—11 ボギー車が曲線軌道に加へる横圧力の計算について

東京都立大学工学部 正員 玄瀬盛行

本文は Heumann 氏及び W. Dauner と E. Hiller の両氏による研究に基づき、これをホギー車に適用して、曲線軌道が受ける横圧力の近似値計算を試みたものである。最初に静力的に扱った場合について述べ、次に動力的な要素を考慮した場合について述べる。

I 靜力的に扱った場合

Heumanの図式解法を採用したものであるが、計算上の仮定、並びに対象とした車両は次の如くである。

- ボギー車と前台車と後台車に分け、各台車を2軸車として扱う。
- 車両に作用する外力(P)は遠心力とカントによる水平分力のみと考へ、 $P = W \left(\frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right)$ が台車の心皿を通る垂直軸上の車両重心の高さに作用するものとする。
- 車両は慣性状態で曲線と走り、摩擦中心又は台車の長軸上に位置する。
- 車輪とレールの踏面に作用する摩擦力は速度及び曲線半径によって変化しないものとし、摩擦係数 $\mu = 0.27$ を採用する。
- 計算に使用した車両： ほかがり (キハ81), 固定軸距 $l = 2100^{mm}$, 軸重 $Q = 12^t$, 基礎輪重 $w = 6^t$, 重心の高さ $h = 1270^{mm}$, 車輪半径 $H = 430^{mm}$

1. 摩擦モーメント図 (M曲線)

ME 曲線の作図はオ 1 図に示しているように、原點と車両の中央に置き、車両の長軸と x 軸、これに直交する軸を y 軸とし、任意の x に対する $y = \sum p_w d$ をとることにより描くことが出来る。こゝでは簡単な作図法を選び、 x 軸の上半分のみを考へ、任意の x に対し、 $y = d_1 + d_2$ をとることによって描いた。従つて y 軸は $\frac{1}{2} \cdot \frac{p_w}{d}$ の縮尺になっている。

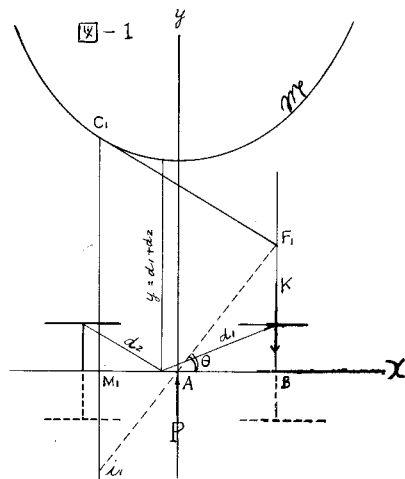
2. 摩擦中心^上の位置

外力が車両の重心に作用し、外側先頭車輪のみがレールとフランジ接触としている状態、所謂自由曲走をしている場合を考えると摩擦中心奥の位置はオ1図に示すように、先ずPを縮尺であらわす爲に $\frac{P}{2\rho w} = P'$ とし、P'が外方向に作用するとすれば、図の奥線の如く力率線が出来る。この場合の角θは $\tan\theta = P'$ になるようにとる。即ち此の線と輪縁カKの作用線との交点をF₁とすれば $P' = \frac{BF_1}{AB}$ 、従って $BF_1 = P' \times AB = \frac{P}{2\rho w} \times AB$ となる。

F_1 から Γ 曲線に接線を引き、その接点と C_1 とし、 C_1 から X 軸上に垂線を下して、その交点と M_1 とすると M_1 が摩擦中心点の位置であり、 $X_1 = M_1 B$ によってあらわす。

3. 輪緣力 K

第1図に於て $\overline{C_1M_1}$ の延長線と P' の力率線との交点を



とすると $K = \frac{4C}{\lambda_1} \times 2\mu w$ によって求めることができる。

4. 横圧カ Y

K が求まれば Y は次式によって求めることができる。

$$Y = K - \mu w \cos \varphi \quad \dots (1)$$

上式に於ける $\mu w \cos \varphi$ は車輪とレールの踏面に作用する摩擦力の K 方向の分力であり、w は指導車輪の輪重である。

この値は車両の重心に作用する外力によって生ずる附加荷重 ΔW_1 と台車枠を通して指導車軸に作用する S によって生ずる附加荷重と基礎輪重を加えることによって近似的に求めることができる。

$$w = \frac{Q}{2} + \Delta W_1 + \Delta W_2$$

$$w = \frac{Q}{2} + W \left(\frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right) \cdot \frac{h}{nG} + (K - \mu Q \cos \varphi) \cdot \frac{H}{G} \quad \dots (2)$$

Q: 軸重^t

W: 車両重量^t

R: 曲線半径^m

C: カント^{mm}

G: 車輪の左右踏面間距離^{mm}

h: 重心の高さ^{mm}

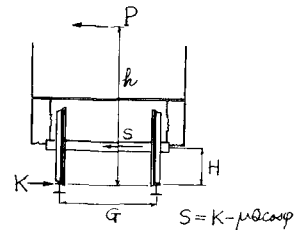
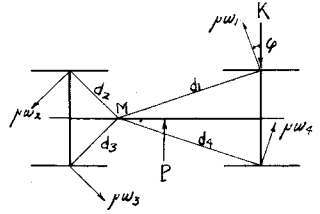
H: 車輪半径^{mm}

n: 台車の車軸数

μ : 摩擦係数

φ : 摩擦力の作用線と K の作用線とのなす角

図-2

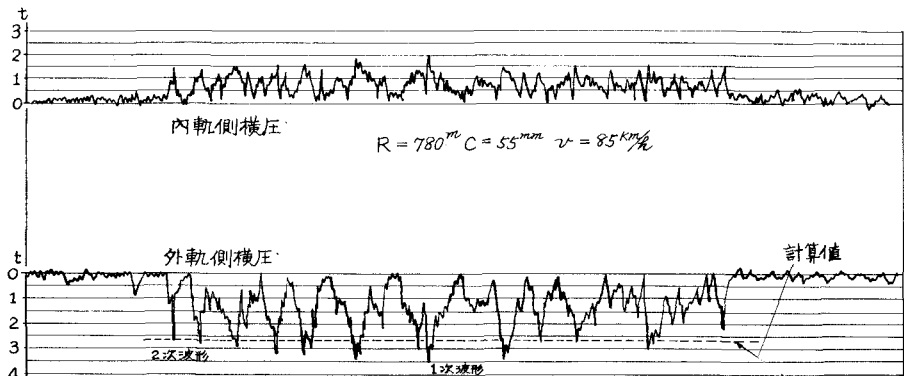


但し、此の計算では台車のバネ及び揺れまくら装置による車体の横方向の自由度は考慮に入れていない。以上は自由曲走の場合についてであるが、速縛曲走（即ち二つ以上の車輪がフランジ接触として曲線を走る場合）についても同じ方法で計算出来る。

オ 5 図の矢線で示す横圧 Y、輪重 w 及び脱線係数 $(\frac{Y}{w})$ は以上の方法によって上記車両が $R = 600m$ 、 $C = 44mm$ の曲線を各種速度で走る場合について計算したものであり、オ 3 図は其の一例として国鉄試験車（はつかり）によって測定された横圧波形と計算値との関係を示したものであるが、このようにして測定値と計算値とを比較して見ると、例外はあるが一般的な傾向として次のような点を指摘し得る。

即ち、計算値は測定値の 2 次波形として出てくる値よりは稍小さく、1 次波形（最大値）の約 90% ~ 70% の値を示しており、曲線半径が小さくなるに従い又、速度が大になる

図-3



に従って、その開きが大きくなる傾向が見られる。

この差異の主なる原因は以上の計算ではボギー車と二軸車として扱い、車両が慣性状態^(している場合を)で曲線走行を想定しているためである。実測値により近い値を得るためには、更に曲線半径、速度及び振動等の要素を考慮することが必要となって来る。

Ⅱ 動力的な要素を考慮した場合

実際に車両が曲線上を走っている場合は、才5図の横圧波形からも分るように先頭車輪は一種の蛇行動を行っている

図-4

右図は、説明の便宜上
外側先頭車輪の走行状態を

略図によって示したもので

あるが、今車輪がA点から

B点に至る場合を考えると、

車輪はレールに這上りながら

進んで行き、この状態は輪縁力Kが台車の旋回に対する摩擦力($\sum \mu w d$)に打勝つ迄続く(慣性状態として扱った場合にはこの状態が持続される)が、実際は車体から台車に伝わる力及びレールからの水平方向の反力によって車輪はすべり落ちA'点に来る。そして再び直進して走入角 α を有しB'点に至る。このような状態を繰返しながら曲線上を走っていると考えると、B、B'点に於ては一種の曲線への走入現象として扱うことが出来ると考える。

此のことは動力的な要素として曲線半径(走入角)、速度、振動等を考慮に入れなければならないと言う結論に合致するものである。

従来、曲線への走入現象を扱った主な研究としては Heumann氏又は W. Dauner, E. Hiller^丙氏によって行われたものがあるが、ここでは後者の説に従うこととした。この説によると横圧力を全指導圧力と呼び、静力的指導圧力と動力的指導圧力を加えることによって求められている。

全横圧力 静力的横圧力 動力的横圧力

$$Y = P_r + P_m \dots \dots (3)$$

$$P_r = K - \mu w \cos \varphi$$

$$P_m = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$$

$$w = \frac{Q}{2} + W \left(\frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right) \cdot \frac{f}{nG} + (K - \mu Q \cos \varphi) \frac{H}{G} + P_m \cdot \frac{H}{G} \dots \dots (4)$$

上式に於て輪縁力Kは上記 Heumann の因式解法によって容易に求め得る値であり、 $\sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$ 以外は凡て既知の数である。従って、 $\sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$ を決定すれば横圧力は概算出来る。この値は車両の構造と軌道の状態によって決まる係数であり、 M_{red} は車内の換算質量で、 $\frac{L}{C}$ はレールと車輪の弾性変形を単純バネと考えた場合のバネ常数である。然し、この値を決定することは容易でないので、ここでは幾つかの横圧力測定値を使用し、上式より逆算して $\sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$ を決定する方法を試みた。才5図に於ける実線は $\sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$ と4.0と決め、横圧力を算定し

図-5

たものである。

オ 6 図は $R=410m$, $C=75mm$
 $R=780m$, $C=55mm$, 及び $R=1190m$
 $C=55mm$ の 3 種の曲線について
 横圧力を算出し、実測値(最大値)
 との関係をあらかわしたものであ
 る。

この資料のみによって説明
 するわけにはいかないが、他の
 曲線についての比較とも考慮す
 ると大体次の実が指摘出来る。
 実測値はレールの不整形等によ
 って可成のバラツキが生じている
 ので必ずしも計算値とは一致し
 ないが、計算値は測定値(最大値)
 の 90%~115% の値を示している。

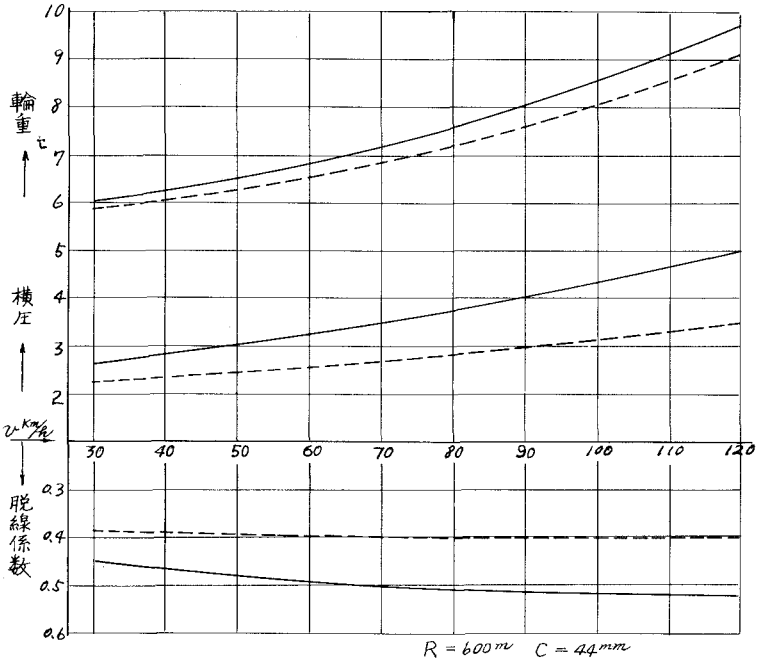


図-6

輪重と脱線係数には可成の
 差異が見られる。これは実験値の判讀が
 むづかしい実、又車両の上下振動を無視
 していること及び輪重の最大値は必ずし
 も最大横圧が生じている時の値を示して
 いない等の爲ではないかと考えられる。

以上、ボギー車を対象として、横圧
 力算定の方法について述べて来たが、こ
 の結果は特定車両について云い得ること
 であり、これが全ての車両に適用出来る
 とは考えられない。例えば $\sqrt{\frac{M_{red}}{C}}$ は各車両
 によって異なる値である。更に、正確な計
 算方法を見出す爲には変化する摩擦力の
 影響、車両の上下振動等をも考慮に入れ
 なければならない。

然しこの方法によれば、速度、曲線
 半径、カント、可動余裕、固定軸距、重
 心の高さ等が車両の安定度に及ぼす影響
 を検討したり、又実測値の判讀の一助と
 なるのではないかと考える。

