

ポイント転換力に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 堀 雄一郎

1. はじめに

JR 東日本では、ポイントの清掃・給油作業の解消による省メンテナンス化のため、ボールベアリング（BB）床板の導入を進めている。これまではNS型電気転てつ機を使用した本線分岐器に敷設しているが、今後は転換力が低い側線・下級線用のYS形・発条転てつ機を使用した分岐器にもBB床板を導入する必要がある。そこで、各種転てつ機の転換能力と、BB床板を使用したポイントに発生する転換力との関係を、理論的・実験的に比較、検証した。

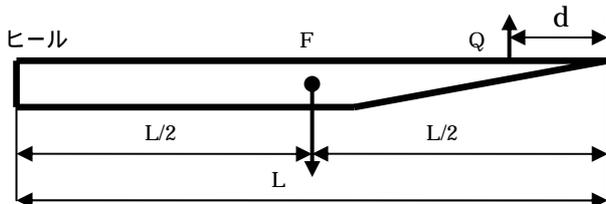
2. ポイント転換力に関する計算式の検討

2.1 普通床板の場合

側線・下級線で主に使用されている関節ポイントの転換力Qは、左右トングレールの自重が床板上を滑動する際に生ずる摩擦力で説明される¹⁾。

$$Q = Q_{左} + Q_{右} = (F_{左} + F_{右}) \times \frac{L/2}{L-d} \dots (式1)$$

（但し、Q：転換力、F：トングレールと床板との摩擦力、L：トングレール全長、d：トングレール先端から転てつ棒までの距離、添字は左レール、右レールを意味する）



（図1）トングレール転換力計算モデル

ここで、トングレールと床板の摩擦力Fは、

$$F = \mu \cdot W \dots (式2)$$

（但し、 μ ：摩擦係数、W：トングレール自重）

で表される。

一般的に、レールと床板の摩擦係数 μ は給油状態で0.2、無給油状態では0.5程度とされている。例えば、50N8#関節ポイントの給油状態ではL=4900(mm)、d=350(mm)、 $\mu=0.2$ 、W=2950(N)であるから、

$$Q = 2 \times 0.2 \times 2950 \times \frac{4900/2}{4900-350} = 635.4(N)$$

と求まる。

2.2 ボールベアリング床板の場合

ボールベアリング床板は、トングレールの転換を従来の滑り摩擦から転がり摩擦に変えるものである。左右のトングレールがベアリング上を転換しているときの計算転換力は、転がり摩擦の $\mu=0.001$ とすると²⁾、 $Q=3.2(N)$ と非常に軽くなる。

ところが、ボールベアリング床板で問題になるのは、トングレールが転換を開始してからベアリングに接触するまでの間（ストローク約7mm）の無給油状態での摩擦力と、ベアリングに接触してからベアリングに登る時（高さ4mm）の抵抗力である。

については、一方のトングレールが転換開始した時に他方のトングレールはベアリング上にあるので、ポイント転換力は一方のトングレールの $\mu=0.5$ 、他方のトングレールの $\mu=0.001$ として、

$$Q = (0.5 + 0.001) \times 2950 \times \frac{4900/2}{4900-350} = 795.8(N)$$

と求まる。

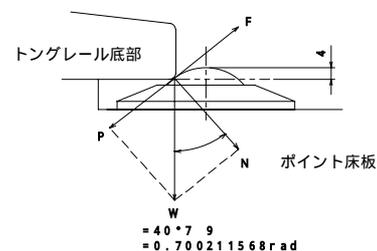
については、ベアリングに乗る時の最大角度が抵抗力になると考えると、摩擦力Fは、

$$F = P + \mu N = W \sin \theta + \mu W \cos \theta \dots (式3)$$

と表される（図2）。例えば、ベアリング高さ4mmの時は $\theta = 40^\circ 7' 9'' = 0.7002(\text{rad})$ であるから、

$$F = 2950 \times (\sin 0.7002 + 0.001 \cos 0.7002) = 1903(N)$$

と求まる。



（図2）トングレールがベアリングに乗り上がる時のつり合い状態

このとき、他方のトングレールはベアリング上を転換していることから、トングレールがベアリングに乗り上がる時のポイント転換力Qは、

$$Q = (1903 + 0.001 \times 2950) \times \frac{4900/2}{4900 - 350} = 1026.3(N)$$

と求まる。

以上の計算結果を表1にまとめた。BB床板においては、トングレーがベアリングに乗り上がる時に最大転換力を示すことがわかる。

(表1) ポイント転換力の計算結果(50N8#関節の例) 単位: kN

床板種別	床板の状態	転換力
普通床板	給油状態	0.64
	無給油状態 ($\mu=0.5$ とした)	1.47
BB床板	トングレー転換開始直後	0.80
	トングレーがBBに乗りあがる時	1.03
	左右トングレーともBB上の時	0.003

2.3 電気転てつ機の転換能力

各種電気転てつ機の最大転換能力を表2に示す。表2の値とポイントの計算転換力との差が転換力の余裕分であり、その比をここでは「安全率」と呼ぶ。

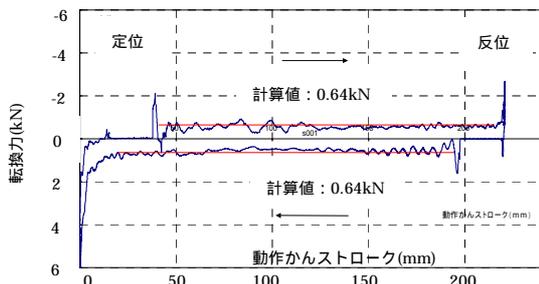
安全率 = 転てつ機の転換能力 / ポイントの計算転換力

(表2) 転てつ機の最大転換能力

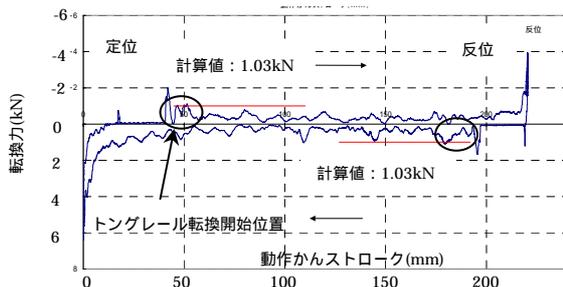
転てつ機の種類	NS	YS	発条
最大転換能力(kN)	2.96	2.06	1.76

3. ポイント転換力測定試験

計算値の妥当性を確認するため、実物のポイントを使用して転換力測定試験を行った。測定はJR東日本研究開発センター実験線分岐器(T50N片共-1(8#)右、NS形電気転てつ機)で行い、動作かんストロークと転換力を波形で出力した(H17.9.6測定)。ここでは、普通床板の給油状態、BB床板使用時の2ケースの測定結果について図3、図4に示す。



(図3) 転換力測定試験結果(普通床板の給油状態)



(図4) 転換力測定試験結果(BB床板)

4. 考察

4.1 計算値と測定値の差異

計算値と今回の測定値を比較すると、普通床板の給油状態では、図3に示すように転換波形の値と計算値とが概ね一致している。またBB床板の場合も、図4に示すようにトングレー転換開始からベアリングに乗り上がる間に約1kNの転換力を示しており、計算値と概ね一致した。

4.2 分岐器種別毎の検証

以上のことから、YS・発条転てつ機の場合における分岐器種別によるBB床板の使用の可能性について同じ計算式を用いて検証した(表3)。

その結果、NS形電気転てつ機を使用した分岐器における安全率の最小値である1.25付近(60k12#90Sレール使用の場合)を目安にしてYS・発条転てつ機での使用可能性を検証すると、50N関節ポイントでは12#以下で両者とも使用可能、50N弾性ポイントでは10#以下でYSに限り使用可能であると推定できる。

(表3) 分岐器種別による計算転換力と転てつ機の転換能力の関係

分岐器種別	計算転換力 kN	安全率		
		発条	YS	NS
50N8#関節	1.03	1.72	2.01	2.86
50N12#関節	1.43	1.24	1.44	2.06
50N10#弾性	1.63	1.08	1.26	1.80
60k12#90S	2.34	0.81	0.88	1.25

網掛けは安全率が概ね1.25以上となる組合せ

5. まとめ

- (1) ボールベアリング床板使用時における最大転換力の計算式を提示した。
- (2) 実物のポイントを使用して転換力波形を測定し、本計算式が概ね妥当であることを確認した。
- (3) 本計算式を用いて計算した分岐器種別毎のポイント転換力と、YS・発条転てつ機の転換能力とから、転てつ機の種類毎のボールベアリング床板化が可能な分岐器種別を推定した。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦他：線路工学、日本鉄道施設協会 P.481～482、1987
- 2) 田中久一郎：摩擦のおはなし P.153、日本規格協会、1985