

軌間変換装置における脱輪に対する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○西本 正人
 鉄道総合技術研究所 正会員 古川 敦

1. はじめに

フリーゲージトレイン（以下，F G T）の軌間変換は，図1に示すように軌間変換装置（以下，G C E）上を台車が進行しながら，車軸と車輪間のロックが外れた状態で，車体重量を支持コロ上を走行する軸箱で支持し，軌間変換区間に設置されているガイドレールで車輪を左右に案内することで行う。ただし，軌間変換時の車輪横移動抵抗（以下，ガイドレール横圧）が大きく，車輪リムがガイドレールにかかっている量である車輪－ガイドレール接触高さ（以下，ガイドレール高さ）が低いと，変換途中で車輪がガイドレールを乗り越え脱輪することが懸念される。ここでは，G C Eの軌間変換区間で脱輪する現象について検証し，必要なガイドレール高さを検討する方法について述べる。

2. 軌間変換区間での脱輪現象

G C E 軌間変換区間で脱輪する現象をモデル化した。

図2に示すようにガイドレールと車輪の進行方向の角度を考慮すると，車輪が走行することによる推進力（ P_0 ）のまくらぎ方向成分（ P ）は1章で示したガイドレール横圧であり，式1により表わされる。

$$P = P_0 \sin \phi \quad \cdots \text{式 1}$$

ここで P_0 : 推進力 [kN] P : ガイドレール横圧 [kN]

ϕ : ガイドレールと車輪進行方向の角度

さらに，図3で示すモデルにより，車輪がガイドレールの段差を乗り越えるガイドレール横圧の限度値（以下，ガイドレール横圧限度値）は式2により表わされる。

車輪がガイドレールの段差を乗り越える瞬間の，

$$\begin{aligned} & \cdot \text{前後方向の力のつりあい} & P - N \cos \theta - F \sin \theta &= 0 \\ & \cdot \text{上下方向の力のつりあい} & -N \sin \theta + F \cos \theta - (mg + kh) &= 0 \\ & \cdot \text{モーメントのつりあい} & RN &= 0 \\ & \text{これより，} & P &= (mg + kh) \sin \theta / \cos \theta \\ & \text{さらに，} & \cos \theta &= (R - h) / R \quad \sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} \\ & \text{よって，ガイドレール横圧限度値は，} & P &= (mg + kh) \frac{\sqrt{(2R - h)h}}{R - h} \end{aligned} \quad \cdots \text{式 2}$$

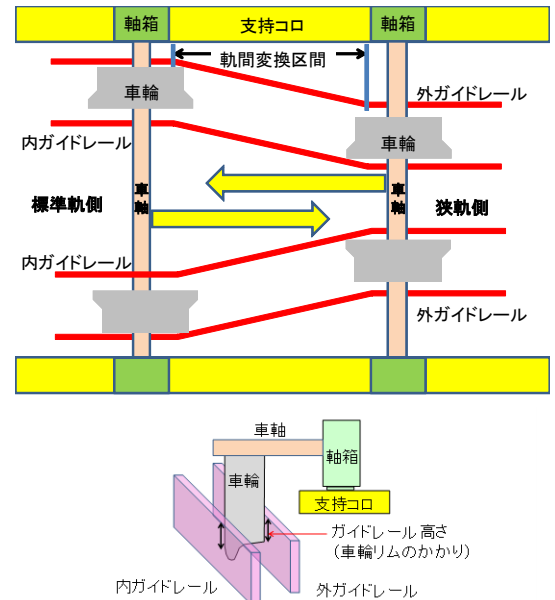


図1 軌間変換の仕組み

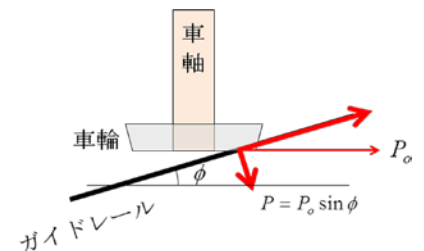


図2 ガイドレールと車輪の角度

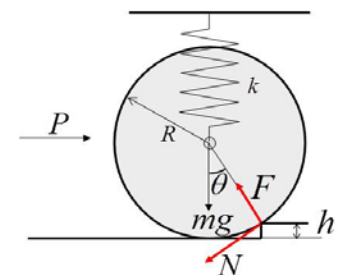


図3 車輪が乗り越える条件

キーワード: フリーゲージトレイン 軌間変換装置 ガイドレール 脱輪

連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-33 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL 042-573-7278

ここで F : 壁から受ける力の法線方向成分 [kN]
 k : 軸ばね定数[kN/m]
 g : 重力加速度[9.8m/s²]
 R : 車輪径 (半径) [m]

N : 壁から受ける力の接線方向成分[kN]
 m : 質量 (ばね下質量/2) [t]
 h : ガイドレール高さ[m]

3. ガイドレール高さの検討例

以上よりガイドレール高さに応じたガイドレール横圧限度値の算定が可能である。なお、ガイドレール横圧に関しては、車輪がガイドレールに当たる時の衝撃および車輪が車軸をスライドするときの抵抗が発生するが、一般に前者の値が大きい。よって軌間変換により発生するガイドレール横圧を把握するにはガイドレール (特にガイドレールと車輪が接触する軌間変換区間入口付近) にひずみゲージを貼り発生する横圧を測定する必要がある。

図4に、F G Tの車両諸元を用い、ガイドレール高さの検討を行った例を示す。なお、ガイドレール高さは車輪径に応じて変動するため、安全性の検討のためには最小の車輪径を想定する必要がある。今回は最小車輪径 (半径) を 400mm として検討した。その結果、今回の条件で、例えば想定されるガイドレール横圧が 20kN の場合は車輪半径 400mm でガイドレール高さは 36mm 以上必要であると言える。

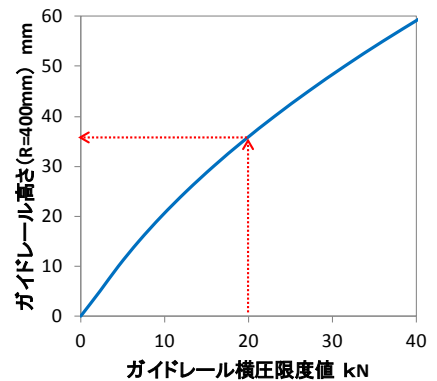


図4 ガイドレール高さの検討例

4. 車軸回転トルクおよび制動トルクの影響

軌間変換時の車両状態によっては、車軸回転トルクおよびブレーキによる制動トルクが発生している場合が想定される。ここでは、車軸回転トルクおよび制動トルクにより発生する力が軌間変換区間での脱輪危険性に及ぼす影響について検討した。

車軸回転トルクおよび制動トルクにより発生する力は、図5に示す各トルクが車輪推進方向の力になり、さらに図2で示す考えと同様にまくらぎ方向成分がガイドレール横圧として作用すると考えられる。これより、車軸回転トルクおよび制動トルクが発生することを想定した場合のガイドレール横圧限度値は式3により表わされる。

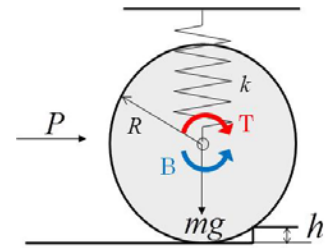


図5 トルクの影響

$$P = (mg + kh) \frac{\sqrt{(2R-h)h}}{R-h} - T/R \cdot \sin\phi + B/R \cdot \sin\phi \quad \cdots \text{式 3}$$

ここで、 T : 車軸回転トルク [kN・m] B : 制動トルク [kN・m]

式3により、3章で示した条件でガイドレール横圧限度値を算出した。なお、ここでは $\sin\phi = 184/5000$ (軌間変換区間長を 5mとした)、各トルクを 5kN・mとした、その結果、車軸回転トルクによりガイドレール横圧限度値は 0.46kN 小くなる、これは想定されるガイドレール横圧を 20kN 程度とする場合においては影響の少ない値である。また、制動トルクは同値であるが安全側に働く。これより、今回検討した諸元の範囲では、軌間変換区間での脱輪危険性に対する車軸回転トルクおよび制動トルクの影響はほとんどないといえる。

5. まとめ

- ① G C Eの軌間変換区間で脱輪する現象についてモデル化し、必要なガイドレール高さを検討する方法について示した。さらに検討例を示した。
- ② 今回検討した諸元の範囲では、軌間変換区間での脱輪危険性に対する車軸回転トルクおよび制動トルクの影響はほとんどないことが分かった。