

乗 上 り 脱 線 防 止 法

正 員 高 橋 憲 雄

Synopsis Recently there occurred number of railroad train derailments here and there, Not a small number of them is considered to have been caused from riding over of carwheels. The writer believes that no one has taken the rotation of wheels in to account in studying cause of the derailment, so basing on experiments, he added an explanation on the theory and divided out a preventive measure against accident of this nature.

要 旨 最近鉄道の脱線が各所に起きている。之等脱線事故の中に車輪の乗上りに依る脱線が相当にあるものと考えられる。今迄車輪の乗上り脱線の原因として、車輪が回転している場合を考えたものは無いものとする。著者は実験をもととして、乗上り脱線の理論的説明並に之等事故の防止対策を考えた。

1. 前書き

鉄道車輛の乗上り脱線をする場合には、車輪に垂直の荷重と同時に、軌間外に車輪を押し出す横圧力が働いて居る。

今迄車輪の回転して居ない場合の乗上り脱線を初める条件は明らかにされて居るが、回転する車輪の乗上り脱線を初める場合の垂直荷重と横圧力との関係は明らかになつて居ないものとする。然し脱線を初める場合の横圧力を知ることは事故防止対策を立てるために必要であると信ずる。此の目的のため

昭和 24 年 2 月 1 日 中央線多治見定光寺間

3 月 30 日 上越線後閑下牧間

4 月 1 日 高崎線高崎駅構内

に於て実験をした。本実験は運輸省脱線事故防止委員会として行つたものであつて、数多くの方々の御協力に依つたものであるが、特に多治見、水上、高崎の各保線区並に高崎検車区の厚意に依つた所が極めて多い。此処に感謝の意を表する次第である。

2. 脱線 実験

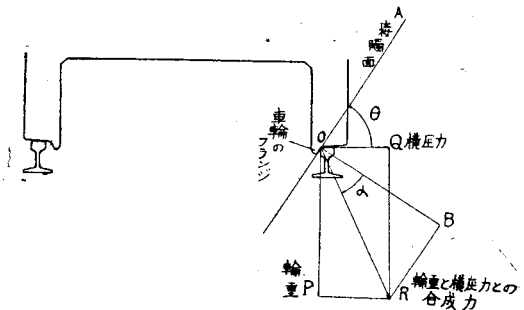
回転しつゝある車輪に横圧力を加えるため、軌間に適當のカントをつけて、其の上に車軸を軌條と直角に置いて走らせることとした。カントが少ない場合には車輪は脱線しないが、カントを段々上げて行くと車輪が乗上り脱線を初める様になる。

今 2 本の軌條に依つて定められる平面を軌條平面として、

$\frac{Q}{P}$: 車輪フランジ面と軌條面との接触点 O に於て、

日本國有鉄道技術研究所

圖一 車輪と軌條との接觸状態
(Fig. 1, Contacting condition between a wheel tyre and rail)



車輪から軌條に加えらるる力 OR の軌條平面に平行な分力 OQ と、垂直な分力 OP との比

θ : 軌條面から、車輪フランジ及び軌條との接触面 OA に至る角 $\angle QOA$

α : 車輪フランジ面と軌條面との接触点に於て、之等の面に垂直な線 OB から、軌條に加えらるる力 OR の方向に至る角 $\angle BOR$

とすれば、車輪が乗上り脱線を初める場合、之等の数値は表一の様になつた。

表一 乗上り脱線試験調査表
(Table 1. Experiment Data on Ride-Over Derailment)

| 実験年月日 | 実験回数 | 実験場所 | 車輪径 (mm) | 車輪種別 | 軌條種別 | θ (度) | 平均速度 (km/h) | 平均横圧力 (kg/cm ²) | 平均垂直荷重 (kg) | 備考 |
|---------|------|---------------|----------|------|------|--------------|-------------|-----------------------------|-------------|----|
| 24.2.1 | 3 | 中央線 380.172 区 | 378 | 94 | 37 | 70 | 12 | 0.21 | 1.62 | |
| 24.3.30 | 2 | 上越線 123.412 区 | 376 | 83 | 37 | 63 | 22 | 0.40 | 0.88 | |
| 24.3.30 | 2 | --- | 376 | - | - | 67 | 12 | 0.22 | 1.42 | 逆走 |
| 24.4.1 | 1 | 高崎線 高崎駅構内 | 850 | 906 | 37 | 57 | 7 | 0.12 | 1.19 | |

3. 実験に對する考察

之等の実験結果を見ると、乗上り脱線が條件は

$$\frac{Q}{P} \geq \tan(\theta - \alpha)$$

と言う関係が成立つことが認められる。此の事は図からも証明出来ることである。即ち脱線を初める時の水

平、垂直分力の比は、 $\triangle OPR$ に於て PR は OQ に等しいので、

$$\begin{aligned} \frac{Q}{P} &= \frac{PR}{OP} = \tan \angle POR = \tan(\angle POB - \angle ROB) \\ &= \tan(\angle QOA - \angle ROB) = \tan(\theta - \alpha) \end{aligned}$$

となつて前に述べた式が求められる。

此処に注目すべき点は、車輪からの圧力 OR が接点に於ける垂線 OB よりも常に下にあることであつて、此の事は接触面上に於て

$$OR \tan \alpha$$

と言う力が車輪を下へ引いて居るのにもかゝらず、之れに打勝つだけの同じ大きさの摩擦力が上の方へ反対に働いて、脱線を起させる様にして居ることを示して居る。此の場合、接触面に対する垂直圧力と、上方へ働く摩擦力との比、即ち回轉車輪フランジと軌條との摩擦係数は $\tan \alpha$ となつて居て、摩擦力は脱線を起させる様に働いて居るのである。

此の結果として P , θ が同一の場合、摩擦係数が大きくなる程 $\tan(\theta - \alpha)$ が小さくなるので、 $\frac{Q}{P}$ は此の小さい値を越えると脱線が起ると言うことになり、多少の横圧力 Q で脱線を起す危険が生ずる。

又摩擦係数が小さくなると $\tan(\theta - \alpha)$ が大きくなるので、 $\frac{Q}{P}$ は此の大きい値を越えないと脱線が起きないこととなり、相当大きな横圧力 Q でも脱線を起す危険はないことになる。

此の事は回轉しない車輪の場合と全く逆であつて、回轉しない車輪の場合は摩擦が大きい程、之れに打勝つて滑り上らなくてはならないので、乗上りが起らなくなり、摩擦が小さい程、乗上りが起り易くなるのである。

回轉しない場合には摩擦があれば脱線しなくなるのに、回轉中は摩擦があれば脱線し易くなるという理由は次の様に考えられる。

回轉中の車輪のフランジの一点の動きを見ると軌條に接する場合には、ほぼ垂直に上から軌條にせりながら降りて来て、又殆んど垂直に上つて去つて行く。此のせりながら降りて来る場合には車輪を下に降さない様にする摩擦力が働いていることが明かである。

此の摩擦力があるために接触面で車輪を押し下げようとする力が働いて居るのに、此の力が摩擦力より小さい間は、車輪はせり落ちないで踏面が軌條から浮き上つて来て、乗上り脱線を起させるのである。

車輪と軌條が剛体であるとするれば、車軸が軌條に直角である場合、接触点が上つて行くことは無い筈であ

るが、車輪から軌條に伝えられる力で車輪並に軌條に変形が起るので、接触点は車輪の廻轉と共に上つて行つて乗上り脱線をするものと考えられる。

更に左右車輪の直径の差で、車輪が軌條から離れて行く様に考えられるが、横圧力が或る程度以上大きくなると垂直荷重との合成力は脱線する方の軌條に極めて接近して、反対側の車輪にかゝる荷重は小さくなる。此の爲反対側の軌條との間に滑りが起つて、左右車輪の直径の差があるにもかゝらず、実際には車輪は常に脱線軌條から離れないのである。

4. 結 論

乗上り脱線を起す場合は、車輪から軌條に加えられ横圧力の輪重に対する割合が、車輪フランジの傾斜角から車輪と軌條との摩擦角を引いたものの正弦より大きくなる場合である。

依つて大きな横圧力が来ても、乗上り脱線を起させない様にするために、此の正弦を1以上出来得る限り大きくする様にフランジの傾斜角を大きくするか、摩擦角を小さくすることが良い。摩擦角を小さくするには、軌條の軌間側の面を滑らかにすることと、軌條のフランジに当る部分に塗油することが良い。今迄塗油は軌條の摩耗を防ぐこととみに用いられて居るが、之れを乗上りの恐れある箇所にも用いれば脱線を防止することに役立つものであると信ずるのである。

車輪のフランジと軌條との硬度が釣合わないと荒やすりでといった時の様に接触面がざらざらになつて摩擦係数が大きくなるので極めて少い横圧力で脱線する。

例えば昭和 24 年 2 月 11 日上越線後閑下牧間 123 k 412m 地点で起つた、乗上り脱線をした貨車の車輪フランジの傾斜角 57° 摩擦係数 0.40 を取れば、輪重の7割の横圧力で脱線したものと算定出来る。之れに塗油を行つたとすれば、輪重と等しい横圧力まで脱線しないこととなる。即ち3割だけ強い横圧力に耐えられるわけである。

之等から考えて乗上り脱線事故防止対策として次の事柄が考えられる。

1. 軌條のフランジに当る部分に塗油すること。
2. 軌條と車輪との硬度は釣合やすこと。
3. 軌條断面のフランジの当る部分の傾斜角が極度にゆるくなつたものは敷設して置かないこと。
4. 車輪フランジの傾斜角は或る程度大きくすること。