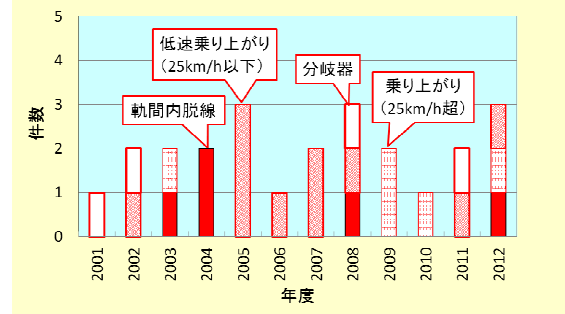


鉄道の安全を守る軌道技術

軌道技術研究部長
古川 敦



軌道・車両要因による脱線事故



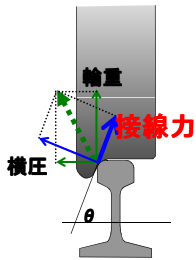
乗り上がり脱線とは

脱線の発生を限界脱線係数(Nadalの式)で判定できるタイプの脱線

【脱線係数】

$$\text{脱線係数} = \frac{\text{横圧}}{\text{輪重}} \leq \text{限界脱線係数} = \frac{\tan \theta - \mu_e}{1 + \mu_e \tan \theta}$$

μ_e : レール車輪間等価摩擦係数



【動的輪重減少率】

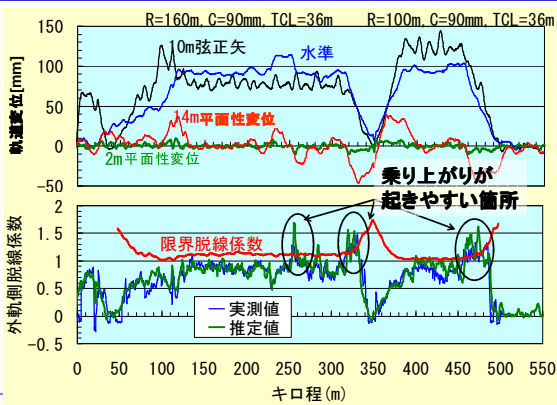
$$\frac{\text{静止輪重} - \text{動的輪重}}{\text{静止輪重}} \leq 0.8$$



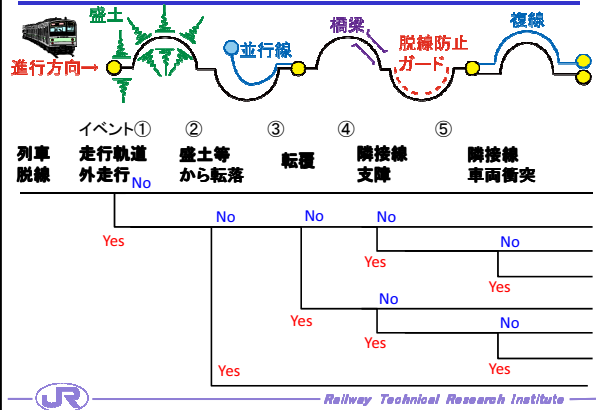
乗り上がり脱線の要因

項目	軌道側要因	車両側要因	境界条件での要因
横圧増加	<ul style="list-style-type: none"> 線路線形(急曲線+高カント) 通り変位(継目部角折れなど) 	<ul style="list-style-type: none"> 台車旋回性能(軸ばね前後剛性、軸距など) 車輪踏面形状 	<ul style="list-style-type: none"> 内軌レール車輪間摩擦係数
輪重減少	<ul style="list-style-type: none"> 線路線形(高カント、短い緩和曲線長) 平面性変位 周期的な水準変位 周期的な通り変位 	<ul style="list-style-type: none"> 車両重量 重心位置(輪重アンバランス、偏積など) 軸ばね定数 まくらばね定数 車体ねじれ剛性 ローリング固有振動数 	
限界脱線係数減少	<ul style="list-style-type: none"> アタック角の増加(急曲線、継目部角折れ) 	<ul style="list-style-type: none"> フランジ角度 車輪転削 	<ul style="list-style-type: none"> 外軌レール車輪間摩擦係数

軌道変位を考慮した推定脱線係数

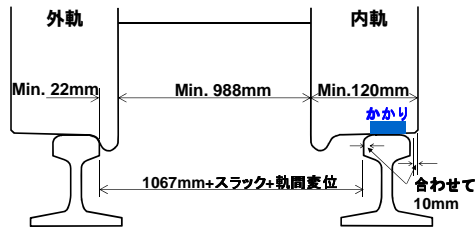


リスクを考慮した保守投入箇所の優先度設定



軌間内脱線の原因

輪軸と軌道の寸法



かかり=988+120+22-1067-軌間変位-10=53-軌間変位
かかりの限度を10mmとすると、軌間変位43mmで脱線

スラック+軌間変位 ≤ 40mmとなるよう軌間を管理



Railway Technical Research Institute

PCまくらぎ化優先度決定プログラム

PCまくらぎ化対象曲線選定支援シート Ver.1.00

最適化条件

曲線半径上限	30,000	円
線間隔下限	1,000,000	円
PC化区間長	12,000	円
PCまくらぎ化区間長	11,250	円
PCまくらぎ化係数	15,000	円/km
PCまくらぎ化係数	14,500	円/km

PCまくらぎ化部分 既PC部分(1/2) 既PC部分(1/3)

曲線条件番号	対象車種	保守対象	線区	線別	十口程	曲線方向	半径	外軌	スラック	不良技術	レール	締結装置	まくらぎ本数
1	100%	○	本線	下	1,200	R	2,500	30	0	0	550mm	分岐	38
2	100%	○	本線	上	1,300	L	2,000	15	0	5	550mm	分岐	38
3	100%	○	西海岸線	下	6,500	R	400	100	5	4	550mm	分岐	38
4	100%	○	東海岸線	下	9,400	R	400	100	5	0	550mm	分岐	38
5	100%	○	東海岸線	下	7,300	R	400	100	5	0	500mm	分岐	38
6	100%	○	本線	上	6,300	R	300	20	4	0	300mm	分岐	38
7	100%	○	本線	上	4,000	R	400	50	4	0	300mm	分岐	38

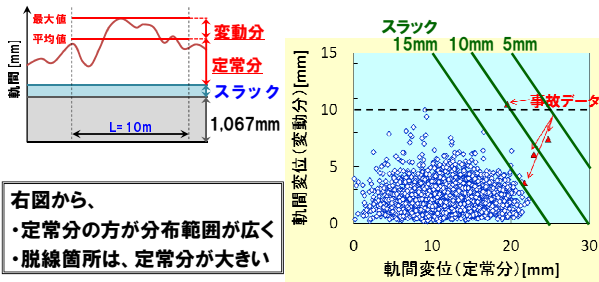
国土交通省補助金を受けて開発



Railway Technical Research Institute

軌間の定常分と変動分を組み合わせた管理法

軌間最大値 [mm] = 1,067 + スラック + 定常分 + 変動分



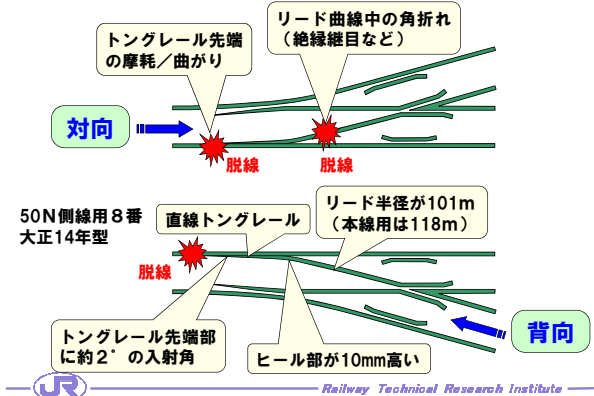
右図から、
・定常分の方が分布範囲が広く
・脱線箇所は、定常分が大きい

スラック+定常分が30mm超の箇所を、要注意箇所として選定



Railway Technical Research Institute

分岐器における脱線の形態 (1/2)



Railway Technical Research Institute

トングレール先端の摩耗測定

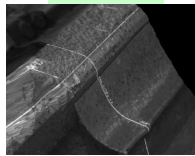
トングレール先端部のステレオカメラによる状態監視手法



元画像 (2次元)



3次元モデル



画像処理

トングレール先端部で発生する欠損を自動的に判定可能



Railway Technical Research Institute

おわりに

- ・軌間内脱線、分岐器での脱線は設備故障に類する事故、乗り上がり脱線は競合脱線であり、それぞれ採るべき対策が異なる。
- ・前者については設備の検査と、そもそも故障が起きにくい構造にすること、後者については、複数の原因の競合を防ぐことが主な対策となる。
- ・鉄道総研では、脱線防止対策に関する様々なご相談を承ります。

お気軽にご相談ください。



Railway Technical Research Institute