

分岐器交換工事における徐行措置解消に関する検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 篠田 勝己
東日本旅客鉄道(株) 吉川 央容

1. 背景と目的

JR 東日本管内の首都圏線区で進められている 2001 型分岐器(通称:次世代分岐器)化は,列車間合いが短い駅構内で施工することが多く,施工時間の確保が難しいという実態がある.そこで,次世代分岐器化に伴う分岐器交換工事では,交換日当日の施工時間確保のために,事前準備作業を実施している.準備作業は道床バラストをかき出し,土のう袋詰めした後に復旧を行う作業である(図 1). この道床バラストをかき出す作業実施後は,社内規程に基づき列車徐行を行う必要がある.工事に伴う列車徐行による影響があることから解消することが望ましい.よって,本稿では分岐器交換工事に伴う列車徐行措置を解消することを目的とする.



図 1 交換準備作業例

2. 列車徐行に関する現状と課題

現行の列車徐行速度に関しては,国鉄時代の昭和 43 年に制定された「列車の徐行を伴う線路関係準備作業標準(以下,準備作業標準)」の考えを踏襲し,規程により定められている.一般軌道と分岐器では徐行速度の制定の根拠が異なる.

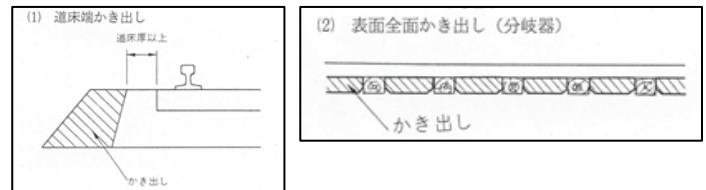


図 2 道床バラストかき出し(左:一般軌道 右:分岐器)

2. 1. 一般軌道における列車徐行速度の決定

軌きょうが道床中を横方向に滑動して急激な通り変位を発生させる横圧に対する限度値を,準備作業標準では「耐横圧強度(横圧限度)」と定義し,右式により求められるとある.凡例と算出例を表 1 に示す(軌道構造の条件【ロングレール/直線/50N レール/まくらぎ本数 38 本(/25m)以上】とした場合).この場合の耐横圧強度は 4.1t である.また,横圧試験で実測された,速度と横圧分布の平均値+2σ を考えた関係図と重ね合わせると,一定程度の安全率を考慮し,列車徐行速度を 50km/h 以下としていることが推測できる(図 3).

$$Q = \mu \frac{f_1(\gamma)}{\phi_1(\xi \cdot \gamma)} (W + \bar{W}) + \frac{T}{\phi_1(\xi \cdot \gamma)}$$

表 1 凡例と算出例

記号	単位	内容	数値
Q	t	耐横圧強度(横圧限度)	4.1
μ	-	まくらぎ道床間摩擦係数	0.65
f_1	-	レール変位係数	0.392
ϕ_1	-	レール横圧力係数	0.622
γ	-	道床係数($\gamma = 6Elx/Da^3$)	3.281
Elx	kgcm^2	レール垂直曲げ剛性	411.6×10^7
Ely	kgcm^2	レール横曲げ剛性	67.62×10^7
D	t/cm	まくらぎ沈下係数	28.6
a	cm	まくらぎ間隔	64.1
T	t	道床中のまくらぎ端面抵抗	0
ξ	-	$\xi = a^3W/6Ely$	2.337
ε	t/cm	まくらぎ横引定数/鉛直圧力	4.5
W	t	輪重	5.0
$\bar{W}$	t	平均輪重	5.0

2. 2. 分岐器部における列車徐行速度の決定

分岐器は「構造が複雑であり,理論値を算出することが困難であることから経験的見地から決まった」とある.分岐器に関する徐行速度の決定方法は,過去の経験に基づいて標準化したことから,明確な根拠が無い場合徐行解消の検討の余地があると考ええる.

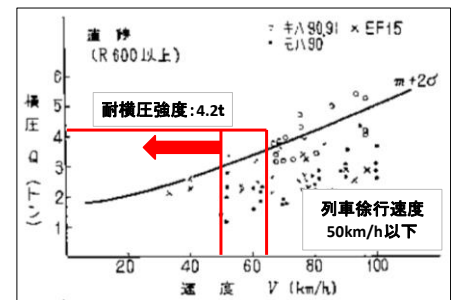


図 3 列車徐行速度の決定例

3. 課題の解決策

キーワード 分岐器交換工事 列車徐行 耐横圧強度 道床横抵抗力 左右変位 座屈

連絡先 〒260-8551 千葉県千葉市中央区弁天 2-23-3 TEL043-284-6764

3. 1. 既往の制定経緯を適用

2. 1. で述べた軌道強度の算出式を分岐器構造で適用した．一般軌道と分岐器では構造上の違いがあるものの，強度に明確な差は無いことがわかった．通常，一般軌道より分岐器の方が強度は高く有していることから，分岐器特有の構造を反映できていないのではないかと考える．また，速度と横圧の関係を表した図は，軸重が大きい機関車等の車種で測定したことと，曲線半径が限定的であり，現在の実態に合っていない．

よって，以上の2点の理由から，分岐器には算出式の適用ができないと考える．そこで，他の方法を検討することにした．

3. 2. 軌道構造の設計照査

3. 1. の結果を受け，軌道の構造設計を用いることが可能か検討した．照査した結果が安全度を満足できれば安全性を有しているといえるため，徐行を行う必要がない

と考えることができる．①軌きように働く左右方向の著大荷重が作用した時の安全性の照査(式 1)②座屈安全性に関する照査(式 2)が該当する．

①と②の2式を満足する軌道構造であれば徐行を解消できることから，照査を行うことにした．準備作業状態の道床横抵抗力を求める必要があるため，模擬的に準備作業状態をつくり，実測試験を行った．

3. 3. 道床横抵抗力測定試験と照査の結果

測定試験は，JR 東日本 訓練線 60K レール片開き分岐器(12 番)で行った．図 4 では各まくらぎ長さでの結果を平均値で比較している．本研究で照査に用いる抵抗力値は試験結果のうち，まくらぎ長さ 2,200mm の最低値を用いることにする．試験は 60K レール 12 番片開き分岐器で行ったが，この値は分岐器番数によらず使用されているまくらぎ長さであることから，60K レール片開き分岐器の照査に適用する．

照査の結果を表 2 に示す．60K レール片開き分岐器は，直線側であれば番数によらず所定速度で走行可能，曲線側は 16 番以上で可能であった．

座屈安全性の例を図 5 に示す．12 番片開き分岐器の場合，レール温度 23℃以上で遊間 0mm になる管理ができていれば，安全性を満足する．分岐器内は遊間管理の対象ではないが，分岐器交換工事に伴う徐行解消のためには，期間を限定した遊間管理を行う必要があるといえる．

4. まとめ

過去の列車徐行速度制定経緯を適用することはできないが，軌道の構造設計を用いることで，分岐器構造を反映した安全性の照査が可能である．また，60K レール片開き分岐器であれば，遊間管理を限定した期間(分岐器交換工事に関連)で行うことで，直線側に限り徐行が解消できるといえる．

式 1 急激な左右変位発生の照査

$$\frac{Q_{r1} - Q_{r2}}{g_0 + \mu P_{r12}} < 0.85$$

Q_{r1}	外軌側レール横圧力
Q_{r2}	内軌側レール横圧力
g_0	無載荷時道床横抵抗力
μ	まくらぎ/道床間摩擦係数
P_{r12}	内外軌側のレール圧力の和

式 2 最低座屈強さの算出

$$\frac{P_{tmin}}{P_{max}} \geq 1.2$$

P_{max}	発生する最大レール軸力
P_{tmin}	最低座屈強さ

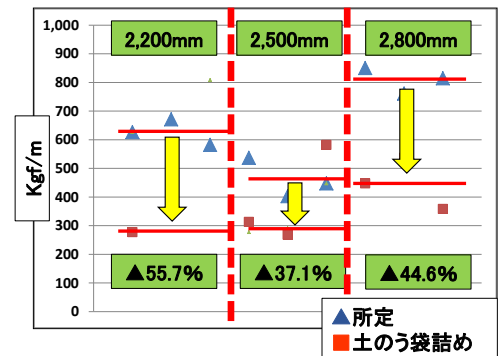


図 4 道床横抵抗力測定試験結果

表 2 照査結果の総括(60K レール片開き分岐器)

分岐器 種別	急激な左右変位				座屈 安全性	遊間管理 レール 温度(℃)	必要道床 横抵抗力 (kN/m)	かき出し前 道床横抵抗力 (kN/本)
	直線側 列車速度 (km/h)	可否	曲線側 列車速度 (km/h)	可否				
60-8#	所定速度	○	25	×	×	51	3.7	7.6
60-10#	所定速度	○	35	×	○	40	3.1	6.4
60-12#	所定速度	○	45	×	○	42	3.1	6.4
60-16#	所定速度	○	60	○	○	25	2.7	5.6
60-20#	所定速度	○	75	○	○	29	2.7	5.6

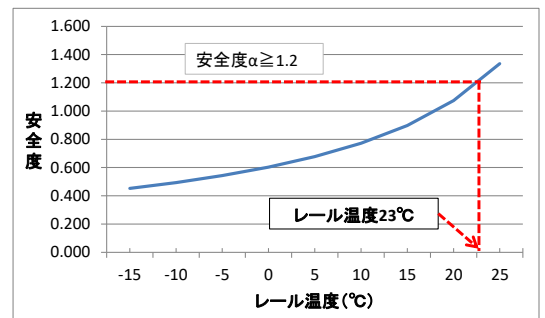


図 5 レール温度による安全度判定例