

山陽新幹線におけるロングレール更换の効率的な施工方法の検討

[土]○武山 和生 (西日本旅客鉄道株式会社)

[土] 高橋 亮一 (西日本旅客鉄道株式会社)

キーワード：ロングレール，IJ 同時ロングレール更换，たわみ，低ローラー

1. はじめに

山陽新幹線の保線作業においては，ロングレール更换（以下，LR 更换という．）の比重が大きく，今後の少子化を踏まえればこの施工方法の効率化を図っていくことが必要である．そこで今回，次に示すように，ロングレールに付帯する IJ レールの同時更换工法の検討や，レール仮置き方法の改善の検討などを行ったので，その結果を報告する．

1. 1 LR に付帯する IJ レールの同時更换工法の検討

当社は LR 更换において IJ を含んで更换を行うことがある．このとき，これまででは IJ を除いた LR 更换を実施し，翌日に IJ のみを更换する施工方法をとることが多かった．これは，レールを更换器に通した際に，IJ 位置がずれることが懸念されるためである．IJ レールを更换器に通した後にチルホールを用いて IJ 位置を調整する施工方法もあるが，これには 20～30 分程度余分の時間を要してしまうデメリットがある．

そこで，IJ 位置合わせ作業を不要とするべく，更换器を通した後に所定の IJ 位置に敷設できるよう，あらかじめ仮置きレールにオフセット量を与える方法を検討した．

1. 2 レール仮置き方法の改善の検討

LR 更换をする場合には，あらかじめ線路脇に更换する新レールを仮置きしておくが，当社では国鉄時代に定められた表 1，図 1 に示すレール仮置き標準に従い，7m 間隔に配置された低ローラーの上に設置している．

しかしながら，低ローラー間隔が 7m と狭く，その設置に多くの労力を費やしていることから，今回，この低ローラー間隔拡大の可能性について検討を行った．

表 1 現在のレール仮置き標準

区間	端部からの距離 (m)	低ローラー間隔 (m)	支持装置間隔 (m)
A	0～250	7	21
B	250～650	7	14
C	650～中央	7	7

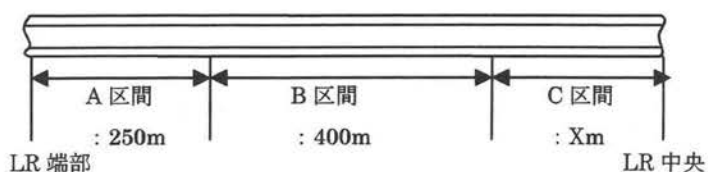


図 1 現在のレール仮置き標準（概略図）

2. IJ を同時更换する場合の施工方法

2. 1 IJ 位置合わせのためのレール仮置き時に与える IJ レールのオフセット量の検討

(1) 更换時に IJ がずれるメカニズム

図 2 のような更换器に新レールが通されると，図 3 のようにレールが持ち上げられ，たわみが生じる．このたわみ分がズレとして現れる（上下方向成分）．また，左右方向に関しても同様である．

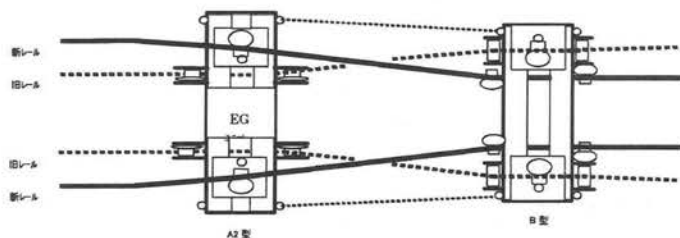


図 2 更换器図

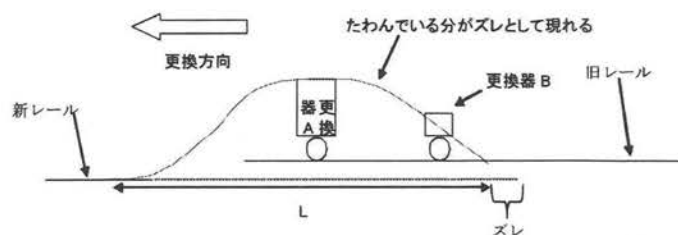


図 3 更换時状況図

(2) オフセット量の算出

a) オフセット量の算出方法

オフセット量の算出方法を直線・曲線の 2 ケースについて下記に記す．

【直線】

上下方向の载荷モデルを図 4 に示す．

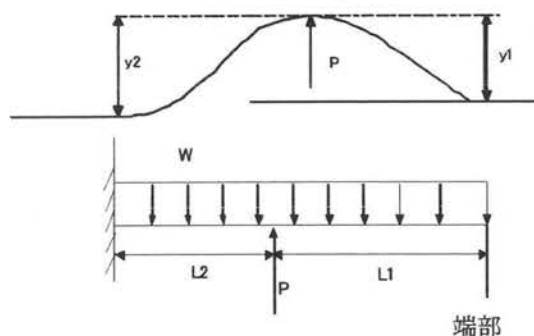


図 4 载荷モデル (上下方向)

左右方向の载荷モデルを図 5 に示す。

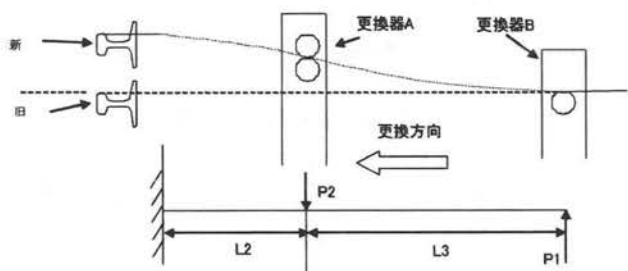


図 5 载荷モデル (左右方向)

図 4、5 のモデルにおいて、たわみを算出した。たわみ曲線の一例 (上下方向) を図 6 に、たわみ曲線の一例 (左右方向) を図 7 に示す。

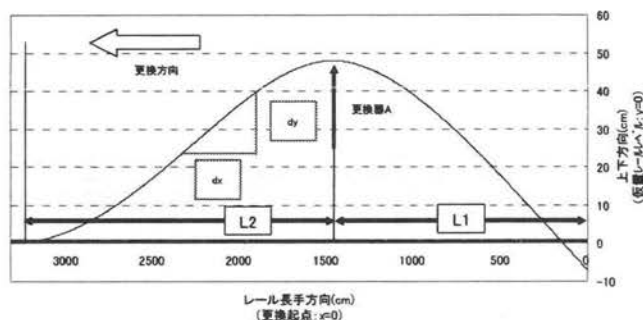


図 6 たわみ曲線の一例 (上下方向)

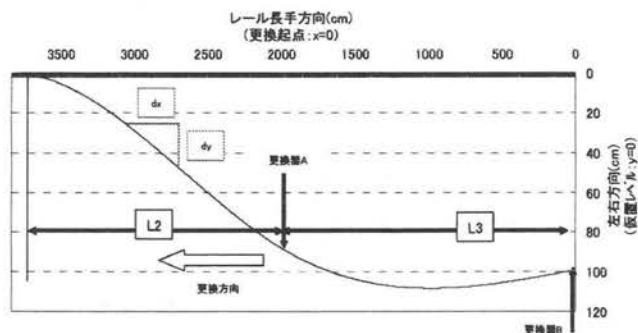


図 7 たわみ曲線の一例 (左右方向)

次に、式 (1) にたわみ曲線長の算出式を示す。

$$L' = \int_0^L \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad \dots (1)$$

ここに、 L' : たわみ曲線長、 dx : 図 6、7 参照、

dy : 図 6、7 参照

次に、オフセット量の算出式を式 (2) に示す。

$$\delta = L' - L \quad \dots (2)$$

ここに、 δ : オフセット量、 L' : たわみ曲線長、

L : $L_1 + L_2$ (上下方向)、 $L_2 + L_3$ (左右

方向)

以上、式 (1)、(2) を用いてオフセット量を算出し、上下ズレと左右ズレを合計したものを採用した。

また、表 2 に各仮置状態におけるオフセット量 (スラブ) の一覧を、表 3 に各仮置状態におけるオフセット量 (バラスト) の一覧を示す。これにより、現場でレールを仮置した時の状態 (新旧レール間の離れ等) によって、速やかにオフセット量がわかるものとした。

表 2 各仮置状態におけるオフセット量 (スラブ)

		新旧レール水平方向離れ: a(mm)				
		600	650	700	750	800
本線レール に対する 仮置レール の高さ: h(mm)	0	25	26	27	28	30
	-50	26	27	28	29	31
	-100	27	28	29	30	32
	-150	29	30	31	32	34
	-200	30	31	32	34	35

表 3 各仮置状態におけるオフセット量 (バラスト)

		新旧レール水平方向離れ: a(mm)					
		900	950	1000	1050	1100	1150
本線レール に対する 仮置レール の高さ: h(mm)	100	42	45	48	51	55	58
	50	41	43	46	49	52	56
	0	40	42	45	47	50	53
	-50	39	41	43	46	48	51
	-100	36	38	40	42	44	46

表 4 オフセット量一覧を作成するにあたって

用いた各パラメータ

各パラメータ				
L_3	E	$I_{x縦}$	$I_{y横}$	w
(mm)	(kgf/cm ²)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kgf/m)
20000	2.1×10^6	3090	511.9	60.8

【曲線】

曲線におけるズレは、表 2、表 3 の直線のオフセット量を補正する必要がある。

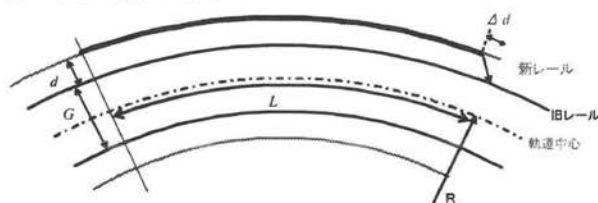


図 8 曲線におけるズレ

補正量は,

d : 新レールと旧レールの離れ, Δd : 曲線における補正量, R : 曲線半径, G : 軌間とすると, Δd は外軌, 内軌レールの長さの差であり, 式 (3) に示す. 外軌はこれを減じ (-), 内軌は加える (+).

$$\Delta d = L \cdot \frac{(R+G/2+d)}{R} - L \cdot \frac{(R+G/2)}{R} = L \cdot \frac{d}{R} \quad \dots (3)$$

L は図 6 にあるたわみ曲線長とすればよい. 数例計算した結果, L が若干変動しても補正量への影響は小さいことから, $L=40(\text{m})$ を採用すればよいと考えられる.

緩和曲線においては, 曲線と同様の考え方で, 式 (3) の R を算出する必要がある. 式 (4) に緩和曲線内の点 x での曲率式を示す.

$$r = \frac{2 \cdot R}{[1 - \cos\{(\pi/X) \cdot x\}]} \quad \dots (4)$$

ここに, x : 緩和曲線始点からの距離, X : 緩和曲線長, r : 点 x での曲率, R : 円曲線半径

b) オフセット量の算出結果と施工実績との比較

図 9 にオフセット量の計算値と実績値の比較を示す. 誤差は最大で 14mm となり, 実用上, 問題のないものであった.

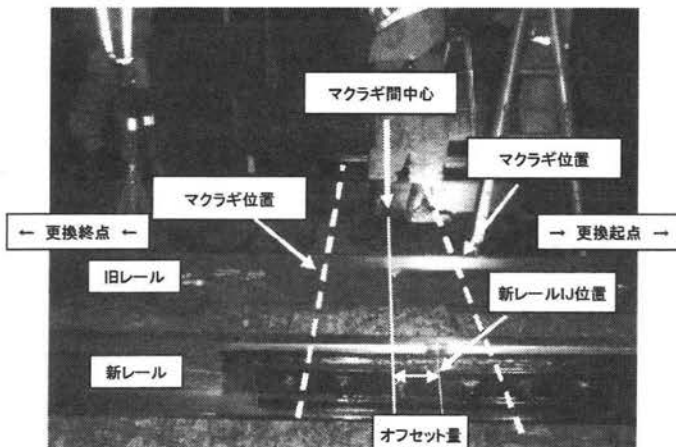


写真 1 オフセット量

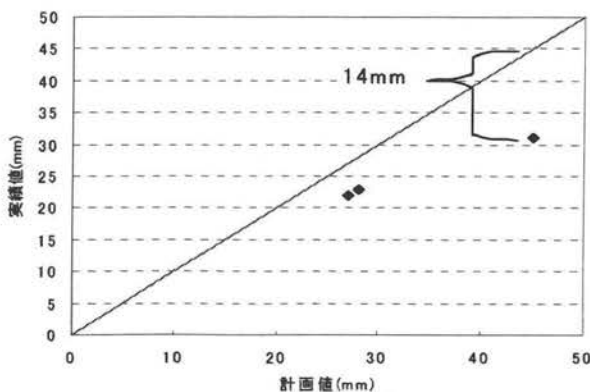


図 9 オフセット量の計算値と実績値比較

3. レール仮置時の低ローラー配置間隔の検討

レール仮置時の低ローラー配置間隔を拡大するためには, 低ローラー自体の耐荷重の検討や仮置き中のレール温度上昇時の安全性の検討などが必要と考えられる.

本稿では, このうち低ローラー耐荷重の検討及び温度上昇時に仮置きレールに生じる軸力の検討までを行った.

3. 1 低ローラーの耐荷重の検討

低ローラーにかかる最大荷重は, 1 つの低ローラーが受け持つレールの重量であるので, 式 (5) により算出できる. また, 各低ローラー間隔における最大荷重を図 10 に示す.

$$R = W \cdot l \quad \dots (5)$$

ここに, R : 低ローラーにかかる最大荷重, W : レールの単位長さあたり重量 (60.8kg/m), l : 低ローラー間隔

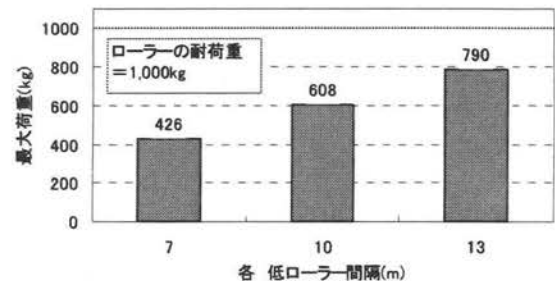


図 10 低ローラーにかかる最大荷重

図 10 の通り, ローラー間隔を 13m としても, 耐荷重に関しては, 十分安全である.

3. 2 発生する軸力に対する検討

発生する軸力を算出するため, 低ローラーの抵抗力を算出する試験を行った. 試験方法を以下に示す.

(1) 低ローラー回転抵抗力測定

レール長を 100m とし, 低ローラーの間隔を 7m・10m・13m (低ローラーの注油整備なし・あり) と変化させて配置し, 引っ張ったレールが動き出したときの最大荷重を読み取って, それを低ローラーの回転抵抗力とした.

測定には, 動歪計 DPM711B (共和電業製), 引張型ロードセル LTZ-2T (共和電業製), ダイアルゲージ型変位変換器 DT20D (共和電業製) を使用した (図 11, 12).

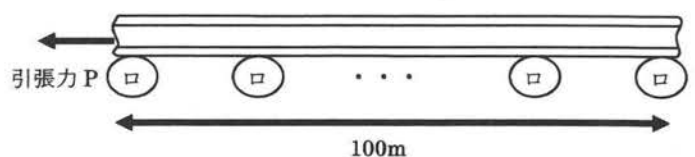


図 11 引張抵抗試験

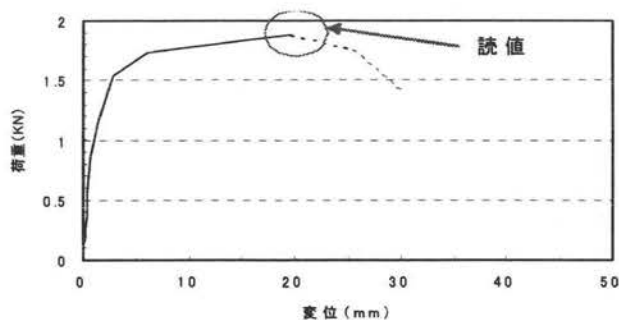


図12 荷重-変位曲線の一例

(2) 低ローラー回転抵抗測定結果

低ローラー回転抵抗試験から求めた1個当たりの低ローラーが発生させるレール縦抵抗力を図13に示す。1個当たりの低ローラーが発生させるレール縦抵抗力は配置間隔を拡大させるほど大きくなることを確認した。

また、注油整備を行うことにより、1割程度縦抵抗力が低減することもわかった。

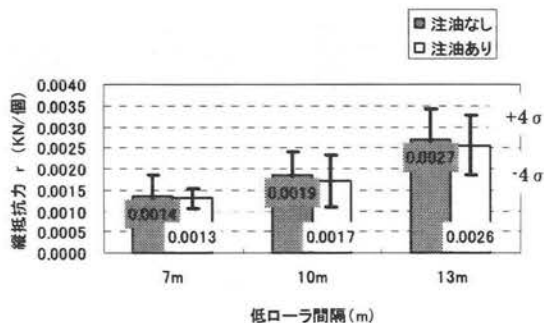


図13 低ローラー1個当たりの縦抵抗力(注油あり・なし)

また、単位長さあたりの縦抵抗力を図14に示す。ローラー間隔を拡大しても単位長さあたりの縦抵抗力はさほど増加しないことが確認できた。

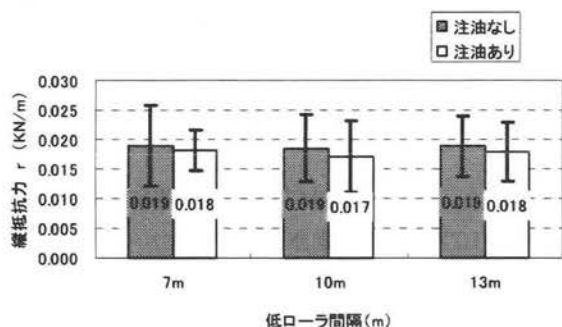


図14 単位長さにおける低ローラーの縦抵抗力(注油あり・なし)

(3) 試験結果に基づく発生軸力の推定値

低ローラーの縦抵抗力算出試験結果から発生軸力(最大LR長=1600mとする)を、式(6)で算出し、図15に示す。ただし、縦抵抗力は安全を考慮して $m+4\sigma$ を適用する。これによれば、レール中央部(レール端部から

800m)が最も高い軸力が発生し、その値は20kN程度を想定しておけば良いことが判った。

$$P_i = r_i \cdot l \quad \dots (6)$$

ここに、 P_i :各ローラー間隔における発生軸力、 r_i :

各ローラー間隔における縦抵抗力、 l :LR長

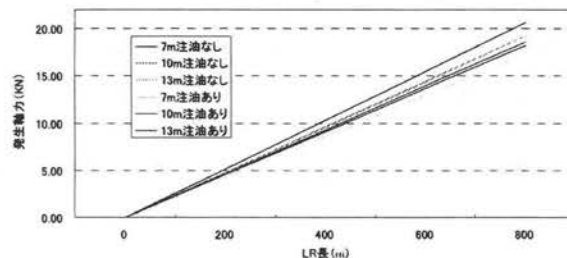


図15 各低ローラー間隔における発生軸力

4. まとめ

(1) LRに付帯するIJレールの同時交換工法の検討

・LR交換器を用いてLRに付帯するIJレールを同時に交換する場合には、IJ位置を合わせるために、表2もしくは表3に従い新レールを交換起点側にずらして配置しておけば、レール交換途中にIJ位置合わせを行うことを省略できることを現地試験で確認した。

(2) レール仮置き方法の改善の検討

・ローラー間隔を13mまで拡大しても、ローラー自体の耐荷重には問題ない。

・ローラー間隔を拡大させた場合でも、ローラー上のレール縦抵抗はさほど増加しない。

・温度上昇に伴いローラー上のレールに発生する軸力は、レール中央部(レール端部から800m)が最も高くなり、その値は20kN程度を想定しておけば良い。

5. 今後の取組

レール仮置き時のローラー間隔拡大に際しては、今後発生する軸力により生じる仮置きレールの変位量を検討するなど安全性の検証が残っており、これらの課題を解決し、レール仮置き方法の見直しを行いたい。

<参考文献>

新しい線路 ―軌道の構造と管理― 社団法人 日本鉄道施設協会