

軌道構造変化箇所における保守周期延伸の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○三村大輔  
 東日本旅客鉄道株式会社 尾形宗昭

1.はじめに 山形新幹線(羽前千歳~新庄 56.2km)は、目標P値を25に設定しており、全ての100mロットP値について年間を通して目標P値以下での管理を目指している。しかし、100mロットP値は、100箇所目標P値を超過している(図1参照)。一般区間については、MTT、道床交換により対応可能であり、計画的に施工している。構造物については、分岐器は、SW-MTT、踏切は、敷板を撤去してMTTで順次施工している。しかし、橋梁は、橋梁前後の有道床で軌道変位が発生しており、特に橋梁前後にEJが設置されている箇所では、8箇所中7箇所超過している。また、これらの箇所は、繰り返し補修箇所(補修周期6ヶ月~1年)となっており、効果的な対策が必要とされている。

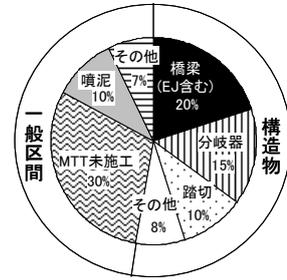


図1 目標値超過箇所内訳

2.現状把握 EJ設置橋梁の前後のマクラギ敷設間隔に着目し、軌道構造の調査を行った。その結果、アバット部は330mm、一般部は658mm、EJ部は500mmであった。マヤチャートと比較するとマクラギ間隔が狭いアバット部、EJ部では高ムラになる傾向があった(図2参照)。このようなことから、軌道構造の変化が、軌道変位に与える影響について調査し、補修周期の延伸のための対策について検討することとした。

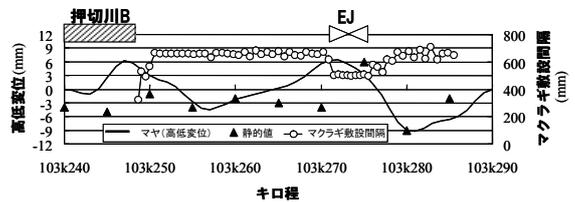


図2 マクラギ敷設間隔と軌道変位の関係

3.軌道沈下速度について 軌道沈下量は、式(1)<sup>1)</sup>により算出される。式(1)の初期沈下を表す第1項の係数 $\alpha$ 、 $\gamma$ は、道床物性に依存することから一般区間とEJ部で同じである。一方、バラストの側方流動による沈下を表す第2項の係数 $\beta$ は、沈下速度に相当し、道床圧力×道床加速度に比例することから一般区間とEJ部で異なると考えられる。EJ部のレール断面2次モーメントを考慮して、道床圧力×道床加速度を算定し、EJ部と一般区間で比較すると、EJ部の沈下速度は、一般区間の74.4%であることが分かった(表1参照)。よって、軌道の不等沈下が、軌道変位を生じさせる一因となっていると考えられる。

$$y = \gamma(1 - e^{-\alpha x}) + \beta x \quad (1)$$

y: 沈下量 x: 通トン  $\alpha, \beta, \gamma$ : 係数

表1 軌道沈下速度の算出

	EJ部	一般区間
道床厚(cm)	20	20
マクラギ間隔(cm)	50	65.8
断面2次モーメント(cm <sup>4</sup> )	2900	1960
マクラギ片側支持面積(cm <sup>2</sup> )	3100	3052
レール圧力(kgf)	302.6	400.5
マクラギ圧力(kgf/cm <sup>2</sup> )	0.098	0.131
道床圧力(kgf/cm <sup>2</sup> )	0.084	0.113

	EJ部	一般区間
支持質量(kg)	363	363
道床加速度	0.525	0.525

↓

	EJ部	一般区間	EJ部一般区間(%)
道床圧力×道床加速度	0.044	0.060	74.4

4.車両が軌道へ与える影響について 山形新幹線「つばさ」に主に使用されている400系車両が、軌道に及ぼす影響について調査することとした。車両が、軌道に与える影響範囲は、輪重により軌道変位が生じる範囲と定義した。まず、400系車両の静止輪重(6.2t)によるレール変位とその影響範囲についてEJ部(マクラギ敷設間隔:500mm)、一般区間(マクラギ敷設間隔:658mm)を変えた場合について連続弾性支持モデル<sup>2)</sup>を用いた式(2)により計算した。図

$$y = \frac{W}{8EI\beta^3} e^{\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) \quad (2)$$

ただし  $\beta = \sqrt[4]{k/(4EI)}$

y: レール変位量 w: 輪重 k: 単位レール支持ばね係数 (マクラギ敷設間隔を考慮)

3に示すようにEJ部と一般区間では、最大変位量が0.66mmと0.91mmで0.2mmほど異なるもののその影響範囲は、輪重載荷点から前後2mの範囲であることが分かった。さらに、このことを実際の軌道で確認するための実験を行った。実験は、マクラギ沈下計1個を測定箇所に設置し、その場所から列車の先頭車両第1車輪までの距離により変化するマクラギ沈下計の数値をビデオに撮影する形で実施した。実験条件は、軌道:一般区間(マクラギ敷設間隔658mm)、EJ部(マクラギ敷設間隔500mm)、道床厚:200mm、車両:400系(山形新幹線)、速度:40km/hである。マクラギ沈下計設置場所は、一般区間、EJ中心部と軌道構造の変化する場所

キーワード: P値 軌道沈下速度 構造係数 軌道構造 緩衝区間

連絡先 〒996-0024 山形県新庄市多門町 1-13 新庄保線技術センター TEL 0233-22-5581 FAX 0233-22-8064

としてEJ端部から一般区間方向に3~4本目のマクラギ間に設置した。また、輪重載荷パターンは、車両の台車配置を考慮し、先頭(最後尾)車両の運転席直下の1台車、車両連結部に隣接する2台車によるものの2パターンに分けて調査した。実験結果を、図4、5に示す。まず、影響範囲について着目する。

1台車の影響範囲については、一般区間、EJ中心で7m、EJ端で8m程度であった。また、2台車の影響範囲についてあるが14~15mであった。よって軌道は、400系の車両荷重を1台車で8m、2台車で15m程度の範囲の軌道によって支えていることが分かった。次に、最大マクラギ沈下量に着目する、最大マクラギ沈下量を一般区間、EJ中心、EJ端(入口)、EJ端(出口)で比較するとEJ中心が、一番小さく次いで一般区間、EJ端(入口)、EJ(出口)の順であり、軌道構造が変化するEJ前後部での動的沈下量は、大きくなる傾向がある。これは、軌道構造が変化する箇所軌道へ与える衝撃が大きいことを示している。また、速度の影響を考慮するために同様の実験を130km/hで走行する橋梁前後のEJにおいても実施したが、影響範囲は、40km/hの場合とほとんど変わらなかった。さらに、最大沈下量については、橋梁アバット~EJ~一般区間に3m毎にマクラギ沈下計を設置し調査したところ、一般区間の沈下量は、40km/hの場合とほぼ同じであった。しかし、EJ前後については、40km/hの場合と比較し、2倍~3倍になっており、列車走行によるEJ前後の軌道への衝撃は、速度により大きくなると考えられる(図6参照)。

**5. 軌道構造の検討** 不等沈下と、軌道構造強さ変化箇所における衝撃を抑制するために軌道構造の検討を行った。不等沈下を抑制するためには、一般区間の $\beta$  (軌道沈下速度:式(1)より)をEJの $\beta$ に近づける必要がある、 $\beta$ は、マクラギ敷設間隔について検討した結果、マクラギ敷設間隔は、430mmで道床圧力×道床加速度が、EJと同程度となることが分かった(表2参照)。しかし、マクラギ敷設間隔は、軌道整備を考慮すると、500mmが最小であるといえる。よって、EJ前後については、マクラギ敷設間隔を500mmとした。つぎに、EJ前後の軌道への衝撃の緩和について検討する。軌道構造強さを示す構造係数は、表3に示すとおりである。マクラギ敷設間隔を390mmとすることで一般区間とEJ部でほぼ同じ値となることが分かった。しかし、不等沈下抑制と同様に軌道整備を考慮し、マクラギ敷設間隔を500mmとした。つぎに、EJ前後のどの範囲についてマクラギ敷設間隔を変更するべきかについて検討をおこなった。橋梁端からEJ端までの長さが20~30m程度であるが、不等沈下抑制のため、橋梁アバットからEJまでは、マクラギ敷設間隔を500mmとした。EJ~一般区間については、軌道構造の違いによる衝撃は、図4、5で示したような輪重によるマクラギ沈下形態が、変化する際に軌道への衝撃が、発生すると考えた。よって、マクラギ敷設間隔500mmから658mmの一般区間への取り付け延長は、車両による影響範囲である15mとし、マクラギ敷設間隔を徐々に広げることにより、軌道構造の変化を緩衝することとした(図7参照)。今後、検討結果に基づき施工を行う予定である。

【参考文献】1)佐藤吉彦：新軌道力学，pp126-128 2)佐藤吉彦：新軌道力学，pp15-18

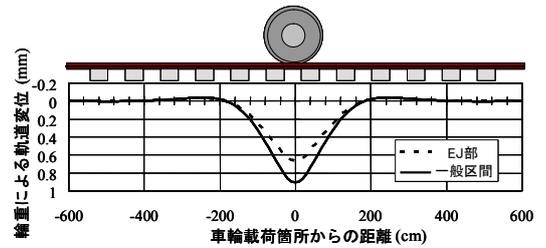


図3 輪重による影響範囲 (理論値)

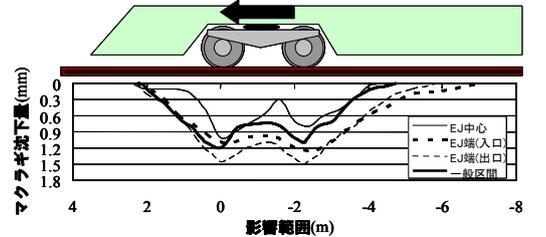


図4 1台車による影響範囲 (実験値)

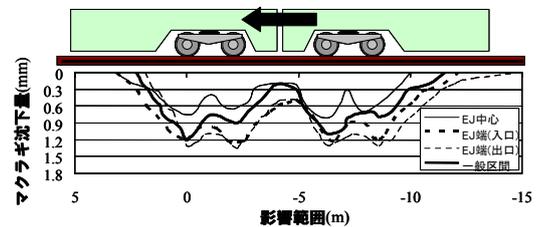


図5 2台車による影響範囲 (実験値)

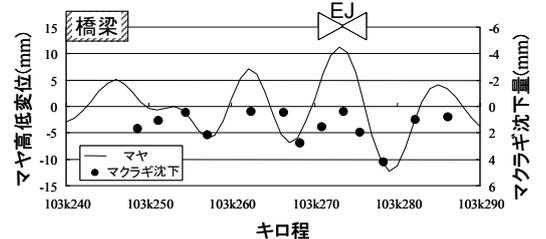


図6 130km/hにおける最大沈下量

表2 (道床圧力) × (道床加速度) 算出

	一般区間			EJ部
	現状	理想	対策	
マクラギ敷設間隔(mm)	658	430	500	500
$\beta \propto$ 道床圧力 × 道床加速度	0.0596	0.0442	0.0492	0.0443

表3 構造係数比の算出

	一般区間			EJ部
	現状	理想	対策	
マクラギ敷設間隔(mm)	658	390	500	500
構造係数	0.798	0.425	0.575	0.423

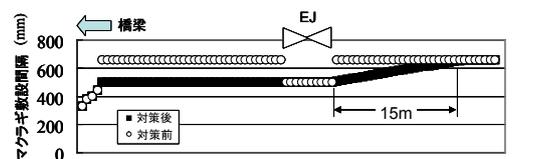


図7 検討結果