新幹線スラブ軌道におけるあおり箇所把握方法の検討

鉄道総合技術研究所　正会員　○山口　剛志
鉄道総合技術研究所　正会員　　三和　雅史

1.　はじめに

スラブ軌道の下面に敷設されたＣＡモルタルが劣化すると，スラブにあおりが発生し，乗心地悪化に影響する可能性がある．このような箇所を把握するために，現状では列車通過時に目視による確認が実施されているが，1回の列車通過時に確認できるスラブ板は数枚であり，長大な延長の状態を把握するには労力を要する．そこで，軌道検測データを活用してスラブ軌道におけるあおり状態を把握するための方法を検討した．

2.　検討に用いる指標

2.1　East-i とけん引式軌道検測装置による検測データ

一般に，レールに荷重が載った状態の高低変位の方が荷重が載っていない場合より大きいことから，East-i とけん引式軌道検測装置により測定された高低変位を比較することによるスラブのあおり状態の把握方法を検討する．本検討では以下の指標を用いる．

(1)　5m 弦高低変位

スラブ板の長さが概ね 5m であることから 5m 弦高低変位を評価指標として検討する．以下では，East-i による 5m 弦高低変位を「動的値」，けん引式軌道検測装置による 5m 弦高低変位を「静的値」，East-i とけん引式軌道検測装置による 5m 弦高低変位の 5m ロット内の差を「動的値－静的値差」として表す．

(2)　高低検測差 [1)]

軌道検測車における異なる検測軸において測定される高低変位の差を「高低検測差」として表す（**図 1**）．

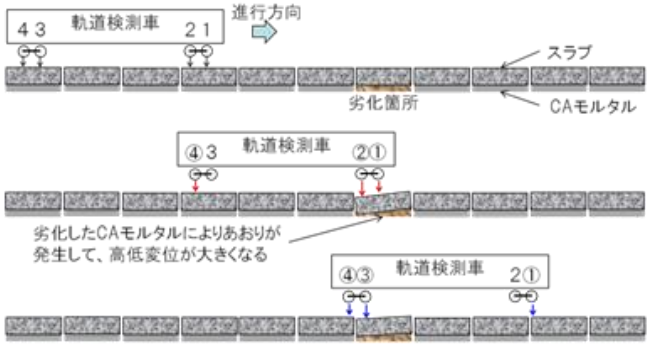

図 1　軌道状態の劣化箇所における高低検測差の概念図

2.2　指標の適用法

各評価指標については 5m ロットの最大値を用い，また全データの頻度分布(約 18km の延長区間)における 99%値を目安値に用いて，これを超える値のロットをあおりが疑われる箇所として抽出した．抽出した箇所については，実際のあおりの有無を列車通過時に確認(目視)することで，各指標の精度を評価した．

現場調査を実施する目安値として，各指標の頻度分布の 99%確率とした(**表 1**)．

表 1　各指標の 99%確率　(mm)

East-i(動的値)		けん引式(静的値)		動的値-静的値差		高低検測差	
左	右	左	右	左	右	左	右
2.35	2.45	1.20	1.55	1.30	1.45	0.45	0.55

3.　指標の有効性に関する検討

3.1　現場調査

各評価項目の値が目安値より大きい箇所(全 24 箇所)を抽出し，現場調査した結果を**表 2** に示す．

表 2　調査箇所の目安値超過項目とあおりの有無

	評価項目								現場調査結果	
	East-i(動的値)		けん引式(静的値)		動的値-静的値差		高低検測差			
No.	左	右	左	右	左	右	左	右	あおりの有無	記事
1			○	○					×	
2	○		○	○					×	
3	○	○			○				○	
4	○	○			○	○			○	
5	○	○			○	○			○	
6	○	○			○	○			×	
7			○	○					×	
8	○	○	○	○	○	○	○	○	×	調整桁ごと撤れる
9	○		○	○	○		○	○	×	調整桁ごと撤れる
10							○	○	×	調整桁ごと撤れる
11	○	○		○	○	○	○	○	○	
12							○	○	×	
13					○	○			○	
14	○		○		○		○	○	×	
15		○		○			○	○	×	
16	○	○	○	○	○	○		○	×	
17							○	○	×	
18							○	○	×	
19	○	○	○	○	○	○	○		×	
20	○	○	○					○	×	
21				○					×	
22		○			○		○	○	×	調整桁ごと撤れる
23		○					○	○	×	調整桁ごと撤れる
24							○	○	×	

現場調査は，各箇所において列車通過時におけるあおり状態を目視により確認した．その結果，5 箇所においてスラブのあおりを確認できた．この 5 箇所については，いずれも「動的値－静的値差」が大きかった．また，このうち 4 箇所では，「動的値」は目安値以上であったのに対して，「静的値」は目安値未満であった．すなわち，あおりが確認された箇所では，比較的大きな動的値が存在する一方，静的値は小さい．よって，「動的値－静的値差」が大きい箇所をあおり箇所として選択できると考えられる．

ところで，「動的値－静的値差」が大きいにもかかわらず，スラブにあおりが確認できなかった箇所が幾つかあった．このような箇所の特徴として，高低検測差が大きい傾向がみられる．これらの箇所のうち約半数は延長が約 10m の調整桁上のロットであり，列車通過時に桁ごと

キーワード　　あおり　動的値　静的値　高低検測差
連絡先　　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(公財)鉄道総合技術研究所　軌道管理　(042)-573-7278

揺れている可能性が高い．高低検測差は，偏心矢測定の検測特性より軸距（2.25m）から台車中心間隔（14.15m）までの長さにわたっての軌道の上下支持状態の変化箇所で大きくなるため，調整桁上での値が大きくなったものと考えられる．「動的値－静的値差」が大きくなることについても，桁の動的な挙動が同様に影響した可能性が考えられる．各指標ではあおりが確認できなかった箇所があることから，指標の精度を向上させるために判別モデルを検討した．

3.2　あおり箇所の判別モデル

3.1の結果より，スラブのあおり箇所の抽出においては「動的値－静的値差」に着目すれば良いことがわかった．そこで，これによるあおり箇所の判別モデルを検討する．また「高低検測差」の適用法についても検討する．

(1)　判別モデルの構築

「動的値－静的値差」がある閾値を超過するとあおりが発生すると考え，その閾値をaとする．「動的値」「静的値」と閾値aの関係は**図2**のようになる．この図より，あおり箇所を網羅するようにaを定めた場合，あおりが発生していない箇所を含むことから，「静的値」に係数を乗じて「動的値」との差を算出することでより判別モデルの精度の向上を図る．そこで，調査箇所を含む全データの「動的値」と「静的値」の関係を**図3**に示す．図より，相関係数を求め，「静的値」乗じる係数を1.5とした．

次に，上述の結果を考慮し，**図2**にy＝1.5xの線（点線）を加えたものを**図4**に示す．「動的値」と「静的値」の関係を概ね良く表していると考えられる．そして，図中のあおりがあった箇所を抽出するための判別式を以下のように提案する．

$y=1.5x+1.0$　y：動的値x：静的値

「動的値－静的値差」と「動的値－1.5×静的値」との関係を**図5**に示す．図より，「静的値」に係数を乗じたものを「動的値」から引いたものの方があおり箇所を抽出する精度が高いことがわかる．

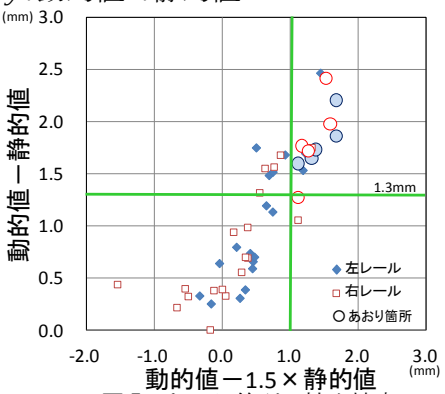

図5　あおり箇所の抽出精度

(2)　「高低検測差」の適用法

「動的値－1.5×静的値」と「高低検測差」の関係を**図6**に示す．「高低検測差」については，目安値より小さい箇所にもスラブのあおり箇所が多く含まれるため，「高低検測差」の大小を基にあおり箇所の抽出に用いることは難しい．一方，3.1に述べたように「高低検測差」が大きい箇所は調整桁に由来する上下支持状態の変化箇所である可能性がある．よって，「動的値」「静的値」の関係に基づいて抽出したあおり箇所において「高低検測差」大きい場合には，構造物による影響が大きい可能性が高いとして管理することが考えられる．

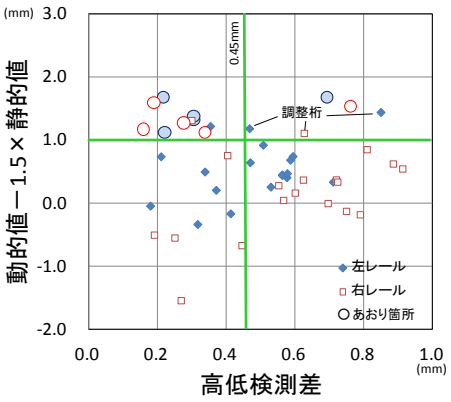

図6　「動的値－1.5×静的値」と「高低検測差」の関係

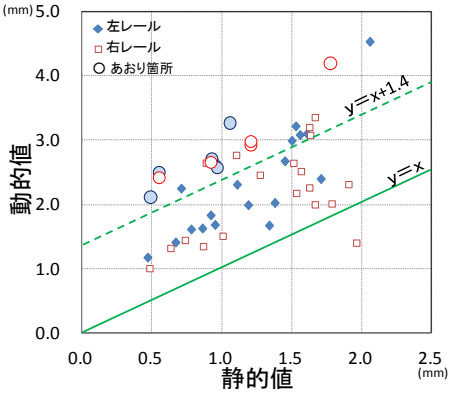

図2　「動的値」「静的値」の関係（調査箇所）

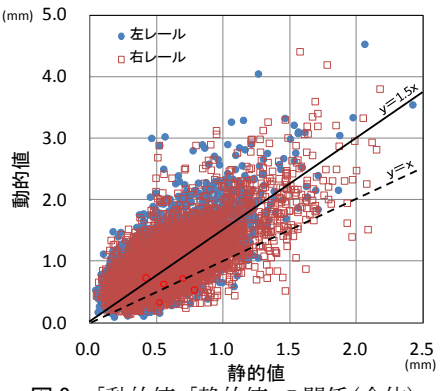

図3　「動的値」「静的値」の関係（全体）

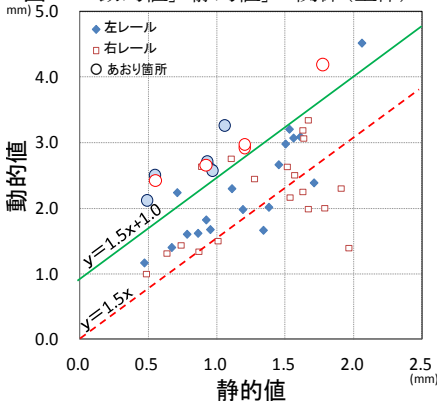

図4　「動的値」「静的値」と判別式

4.　まとめ

(1)　「動的値」と「静的値」の関係を用いて，スラブ軌道のあおり箇所を抽出する判別式を提案した．

(2)　判別式からスラブ軌道のあおり箇所を精度よく把握できる可能性は高い．また，高低検測差を合わせて活用することで，調整桁による影響が大きな箇所も抽出できる可能性がある．

参考文献

1）森本勝：偏心矢測定による軌道状態の把握手法，第9回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2002)，S2-1-4, pp. 417-420, 2002