

東北本線における列車動揺感知報告箇所分析及び対策

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 堀籠 健

1. 研究の背景・目的

列車の乗務員が乗務中に大きな揺れを感じ、指令に報告する事象(列車動揺感知報告・以下「動感」)は、その原因が軌道に起因する場合もあり、保線に携わる者として発生させてはならない事象だが、2006年4月から現在まで、当社仙台支社全体では42件の発生があり、中でも東北本線での発生が31件を占めている。

しかしこれらの例を見ると、動感箇所に規程上の軌道整備基準値(高低変位で23mm)を超過する軌道変位が存在することは少ない。このように、人間の体感と軌道変位の関連は必ずしも明確ではなく、従来の基準値による軌道管理だけではその解消は難しい。

そこで本研究では特に動感発生が多い東北本線を対象とし、テーマを「東北本線における列車動揺感知報告箇所の分析及び対策」と設定し、一連の取り組みを通じて列車動揺管理手法の提言ならびに動感の減少を目的とする。

2. 過去の動感発生箇所のデータ分析

ここでは上記31件の動感について、事象の概況記録や各種のデータを収集し、動感箇所において現れる各種の特徴を見出すことを試みた。以下にその結果の一部を示す。

現地の軌道変位との関連

報告受理後の現地調査結果における基準値・目標値の超過状況であるが、全体の8%に基準値超過の、84%に目標値超過の軌道変位が現地に存在した。さらに目標値超過箇所について、その超過種別の内訳を見ると、約半数が高低変位での目標値超過(7mm)であった。

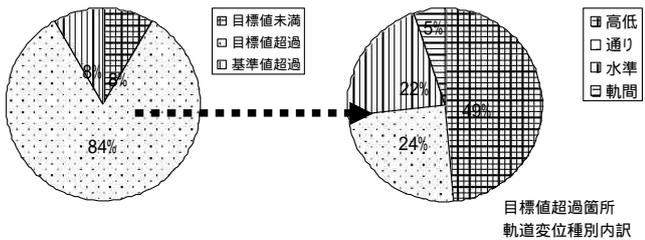


図1 動感箇所の軌道変位超過種別 (静的測定)

一方、動感発生時点で直近の軌道検測車(East-i)により測定された動的軌道変位についても、同様に超過状況と超過種別の内訳を見ると、全体の約4割の目標値超過ケースのうち、高低変位での目標値超過(13mm)が全体の約8割を占めた。

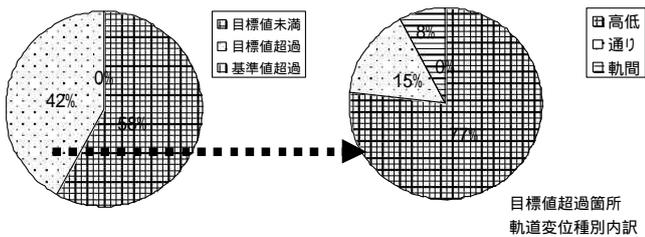


図2 動感箇所の軌道変位超過種別 (動的測定)

動揺検査結果との関連

営業列車による列車動揺検査で、車両の動揺加速度値(単位:g)の測定を毎月実施しているが、動感発生箇所における

直近の列車動揺検査の結果の内訳を同様に見ると9割以上が目標値(0.20g)未満であり、列車動揺検査と動感発生状況を関連付けることは難しい。

3. 動感減少のための対策(1)

図2より、動感のうち約4割がEast-iによる目標値超過箇所であった。したがって、East-iの目標値超過箇所の中から危険度の高い箇所を優先的に対処することで、この4割を防ぐことができると考えられる。

そこで、これを実践するために、「基準値到達管理表」による軌道管理を実施した。これは、East-iにより測定された軌道変位データより、軌道変位が基準値に到達する推定日数が短い箇所、軌道変位進みに急進性のある箇所を自動的に抽出・判定するシステムである。なお、このシステムは支社管内在来線の7保線技術センターに展開している。

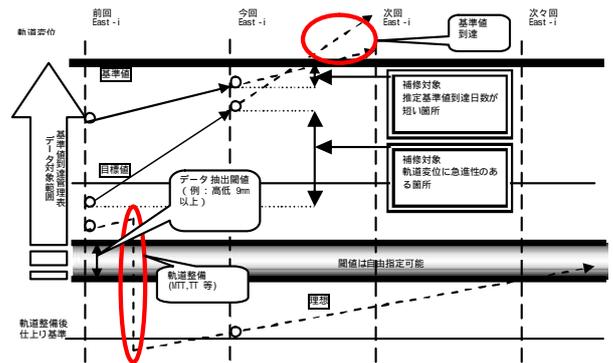


図3 基準値到達管理表による予防保全のイメージ

しかし、これ以外の動感についてはこの考え方では発生を防ぐことはできない。そこで以下では、特に動感の多い区間として東北本線の岩沼～仙台間を対象を絞り、視点を変えて再度分析を行うこととした。

4. 東北本線岩沼～仙台間の各種データ分析

ここでは対象区間において、軌道変位の進行を誘発する要因を特定し、それを解消することで動感の発生を減少させるという考え方のもと、軌道変位とは別の視点で分析を行うこととした。そこで、本研究では以下の二点に着目し、以降でそれぞれ動感に結びつく軌道変位の進行との関連を検証する。

レール傷及びハック継目の多さ

対象区間においてはレール傷の発生が多く、本年度は積極的なレール交換を実施した。交換箇所は溶接によりレールを接続するのが基本だが、東北本線は深夜帯の貨物列車の走行により間合いの確保が難しく、溶接処置が取れない場合がある。



図4 交換レールのハック継目による締結

その際の暫定的な措置として、ハック継目と呼ばれる特殊な継目により締結をしている(図4)。ハック継目の特徴としては、主に以下の点が挙げられる。

キーワード 列車動揺, 東北本線, レール傷, ハック継目, 噴泥

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋 1-1-1 東日本旅客鉄道株式会社仙台支社 設備部保線課 TEL 022-266-9635

継目板のボルト穴位置を変更し、無遊間継目としているハックボルトにより一般の継目よりも大きな締結力(約8,000トルク)で締結され、ボルトの弛緩も発生しない溶接と比較して施工時間の短縮、コストの削減等の効果がある

図5に、対象区間のうち昨年度高架化により軌道が更新された区間を除く区間におけるレール傷数及び溶接箇所数・ハック継目数を示す。これを見ると、レール傷の多さとハック継目の多さが目に付く。

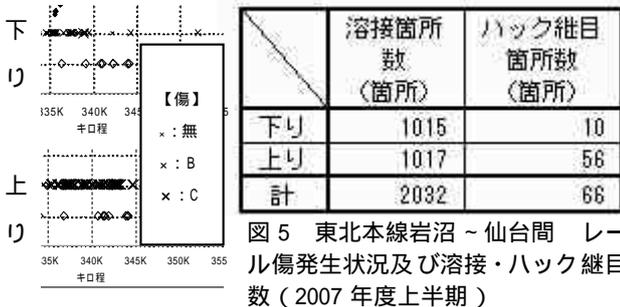


図5 東北本線岩沼～仙台間 レール傷発生状況及び溶接・ハック継目数(2007年度上半期)

実態として、ハック継目箇所及びレール傷により継目板で補強している箇所は、締結装置がレールにかからないレールがマクラギに固定されず、列車走行に伴うあおりにより軌道パットが飛び出すといった悪循環が発生している様子が確認された(図6)。



図6 ハック継目部の軌道パット飛び出し

そのため、対象区間における今年度のレール交換後ハック継目・レール交換後溶接について、経時に伴う高低変位の変化を見たところ、溶接と比較してハック継目処置後の高低変位の進みが大きく、処置後の100日あたり軌道変位進み量は、平均してハックが0.7mm、溶接が-0.1mmとなり、またハック継目の最大軌道変位進みのものは100日あたり3.2mmであった(表1)。

表1 レール交換箇所における高低軌道変位進み比較

処置種別	箇所数	平均100日軌道変位進み	最大100日軌道変位進み
ハック継目	45	0.7mm	3.2mm
溶接	38	0.1mm	1.0mm

現場の状態を見ると、ハック継目の締結装置が外されているものが多かった。ハック継目が弱点箇所となる原因としては先述の通り締結装置が外されていること、軌道パットの抜けが多いこと等が挙げられる。ハック継目は永続的な使用を前提としたものではないので、早めの除去処理が望ましいが、溶接の施工余裕が無くハック継目の効果を持続させたいと考えるならば、レールをマクラギに締結し、軌道パットの抜けを防ぐ等の措置が必要である。

また、レール挿入により継目部に段差が生じているケースも見られたが、この場合列車走行による衝撃荷重が軌道変位を助長することもあるので、レール削正による段差の解消も有効である。

なお、レール交換による傷の除去を積極的に進めた結果、



図7 レール交換・レール傷発生状況(前年度比)

対象区間におけるレール傷数が大幅に減少した(図7)。

噴泥の多さ

今年度における、対象区間の噴泥発生数は1.4箇所/kmであり、支社平均(0.7箇所/km)と比較して高い。噴泥除去には道床部分入替で対処することが多いが、水はけの悪い箇所等では全交換より簡易かつ有効な手法として、鼻バラストの連続交換による噴泥除去を行っている。



図8 鼻バラスト連続交換による噴泥除去作業

と同様に道床部分入替・道床鼻バラスト交換について、経時に伴う高低変位の変化を見たところ、処置後の100日あたり軌道変位進み量は、平均して道床部分入替が1.5mm、鼻バラスト交換が0.1mmとなり、効果の持続性の差が明確に現れた(表2)。

表2 噴泥箇所における高低軌道変位進み比較

処置種別	箇所数	平均100日軌道変位進み	最大100日軌道変位進み
道床部分交換	26	1.5mm	9.6mm
鼻バラスト交換	1	0.1mm	0.1mm

鼻バラスト交換はコスト面でも有効なので(道床部分入替 = 16,100円/m・鼻バラスト交換 = 8,760円/m)、噴泥の再発箇所においては積極的に活用すべきと考える。これについては、費用対効果等の面で、その効果を継続して検証していく。

これらの各種対策を実施した結果、対象区間において各種の大幅な軌道状態良化の効果が発生した(図9,10)。



図9 East-i 高低基準値・目標値数の変化(前年度比)

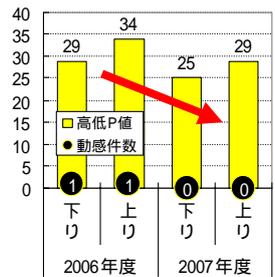


図10 高低P値・動感件数の変化(前年度比)

5. まとめと動感減少のための対策(2)

動感のうち4割程度は、East-iの目標値管理を適切に行うことで防ぐことができる。それ以外については、軌道変位の進みを誘発する根本的な要因から解消する必要がある。

そこで動感の発生をさらに減少させるために、4章で挙げた各項目について引き続き以下の対策を実施する。

レール傷及びハック継目対策

- 交換レールの接続には極力溶接を使用する
- ハック継目を使用した場合は早めに除去する
- 締結装置や軌道パット等、ハック継目部の軌道状態を適正にする(継目板部でも締結可能な締結装置の使用、継目部の段差解消等)

噴泥対策

- 鼻バラストの連続交換を行い、道床排水性を向上させて、噴泥の発生を防ぐ。