

路盤陥没に対する列車運転規制と対策工事の効果の検証について

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○細井 学
 東日本旅客鉄道(株) 武田 亮祐
 東日本旅客鉄道(株) 室谷 貴弘

1. はじめに

東北本線小山～小金井間 80km～87km 付近は、平成9年～18年にかけて、路盤陥没が延べ39回発生した。陥没発生時は、陥没位置や規模に応じて列車抑止や速度規制を行い、強制振動等による復旧を実施するなどの対応を行ってきた。そのため当社では、当該箇所を対象として、降雨時の列車運転規制(速度規制)を平成18年8月に行い、その区間において、対策工事を平成17～28年度まで実施してきた。対策工事が平成28年度で終了したことから、今後当該区間の運転規制の解除を行う計画である。

本稿では、路盤陥没に対する列車運転規制解除に向けた対策工事とその効果の検証について報告する。

2. 路盤陥没の発生状況

路盤陥没の発生の多くは4月～10月の多雨期に発生している。また、路盤陥没の発生区間は素地区間であり、周辺には下り線側に東北新幹線、上り線側の一部には素掘りの農業用水路が並走している。なお、農業用水路の水位は渇水期と豊水期では約1.0mの水位差がある。

3. 路盤陥没の発生要因

路盤陥没は、路盤内の間隙比が比較的高い鹿沼軽石層(第四紀後半に赤城山から噴出し、赤城山より東へ扇状に広く分布)の存在と、地下水位が鹿沼軽石層を挟んで変動していることが発生の要因と考えられる。列車振動のポンピング現象により、鹿沼軽石層上層のローム層の細粒分が地下水位の変動作用を受け、下層の鹿沼軽石層の間隙に吸出される。これが繰り返されることにより、表層の陥没に至るものと推定される(図-1)。

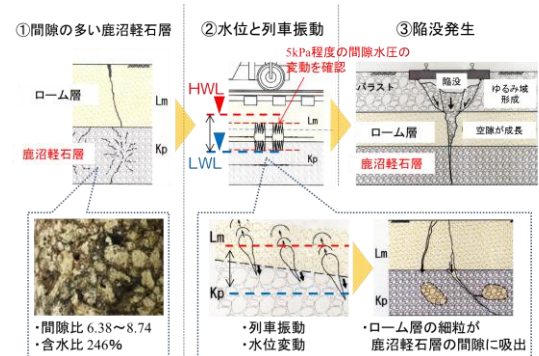


図-1 陥没発生メカニズム

4. 運転規制(速度規制)について

運転規制を行うにあたり、小山駅構内に雨量計を増設した。規制基準値は、「時間雨量一連続雨量」の特性図により定めた(図-2)。特性図では、警戒値と速度規制値を定めている。警戒値を超えた場合は、6時間周期での徒歩警備を実施し、速度規制値を超えた場合は、35km/h(貨物25km/h)の速度規制と6時間周期での徒歩警備を行ってきた。

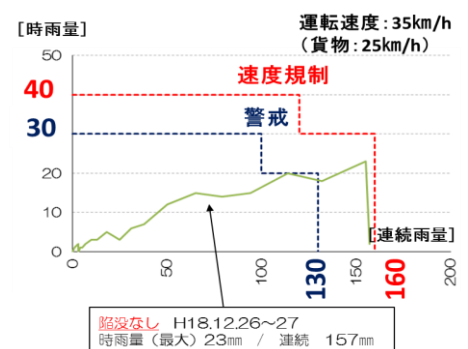


図-2 運転規制値

5. 対策工事(路盤注入)

陥没対策として、鹿沼軽石層の間隙への充填を目的に、セメント安定処理を実施した。なお対策は、陥没発生の有無と運転規制範囲を考慮して、1次・2次対策の2種類とした。1次対策はセメントベントナイトによる注入であり、陥没の発生履歴のある箇所に実施した。この工法は注入材流失防止のために、鋼矢板を線路方向に打ち込んで締切り、その中に改良材を注入している。また、2次対策は保守用車を用いて移動しながら超微粒子セメントを注入する工法であり、1次対策と比べて施工性が高く、1次対策実施前後の広範囲にて施工した。2次対策は軌間の内側と外側で異なる2種類の注入材を使用し、内側は超微粒子セメントを空隙への充填し、外側は六価クロム対策型固化材で遮水壁構築の役割を果たしている。なお、対策完了箇所は現在に至るまで陥没は発生していない。

キーワード 路盤陥没 運転規制

連絡先 〒330-0853 埼玉県さいたま市大宮区錦町 630 東日本旅客鉄道(株) 大宮土木技術センター TEL 048-643-5799

6. 対策工事の効果の検証

対策工事の効果検証について、1)コア採取による充填確認と物理特性、2)経験雨量、3)実効雨量の観点から検証を試みた。

6.1 コア採取による充填確認と物理特性

図-3は対策箇所のコア状況を示しており、フェノールフタレイン液の反応から、鹿沼軽石層の間隙へセメントが充填されていることが確認できる。表-1より、対策前後において間隙比が大きく低下したことがわかる。また、セメント安定処理により、一軸圧縮強度も大幅に向上したことが確認できる。



図-3 コアボーリング

表-1 土質試験結果

試料	対策前	対策後
一軸圧縮強度 q (kN/m ²)	4.7~8.3	12.0~14.5
含水比 W_n (%)	246	196.1~218.6
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.09	1.16~1.24
間隙比 e	6.38~8.74	5.33~5.83

6.2 経験雨量による検証

経験雨量による検証は、陥没が発生しなかった過去10年の「時間雨量-連続雨量」の特性図と規制基準値との関係から検証した。過去10年間で小山雨量計での規制基準値を超過する雨量は計9回経験しており(図-3)、これらの雨量の中には、近傍のアメダス栃木観測所における70年確率降雨量相当の時間雨量(80mm/h)、および48時間連続雨量(270mm)も経験したが、路盤陥没の発生はなかった。

6.3 実効雨量による検証

現在、当社は在来線の降雨に対する運転規制基準値として、「実効雨量」¹⁾を用いているが、当規制区間は、「時間雨量-連続雨量」の特性図で運転規制を行っており、「実効雨量」は用いていない。そこで本項では、「実効雨量」で運転規制を行っている東北本線を対象とした場合に、陥没が発生しなかった過去10年の経験雨量について検証を試みた。対象とした雨量計は、規制区間から最も近い箇所である約15km離れた古河雨量計の運転規制基準値とした。

図-4に小山雨量計での過去10年間の観測雨量を実効雨量値に換算した経時変化図と、古河雨量計の規制基準値を示す。図-4より、古河雨量計の規制基準値を超過する雨量は、短指標:7回、中指標:5回、長指標:3回であることがわかる。路盤陥没に対する規制基準値は、短指標および中指標が比較的高いと考えられる。検証結果から、短指標および中指標の規制基準値を超過しながらも、陥没の発生がなかった。

「実効雨量」で運転規制を行っている東北本線で検討した結果、基準値を超過しても陥没の発生が無く、対策工事の効果が十分に発揮できていると判断できる。

7. おわりに

路盤陥没対策工事が完了し、上記の3つの観点から、対策工事の効果を検証できた。この結果から当社では、路盤陥没発生箇所における列車運転規制の解除を実施し、無規制とする予定である。

【参考文献】1)堀込 順一；JR 東日本 実効雨量の導入，新線路 62 (4)，P12-14，2008

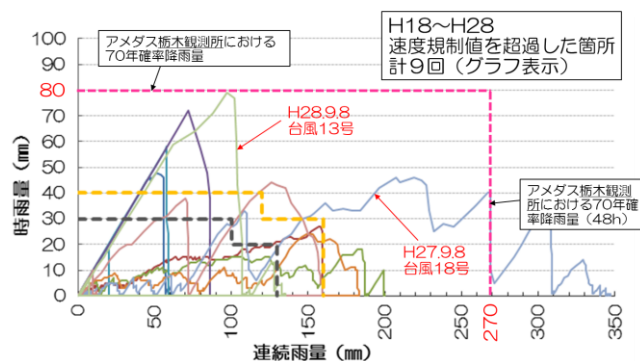


図-3 時間雨量と連続雨量による検証

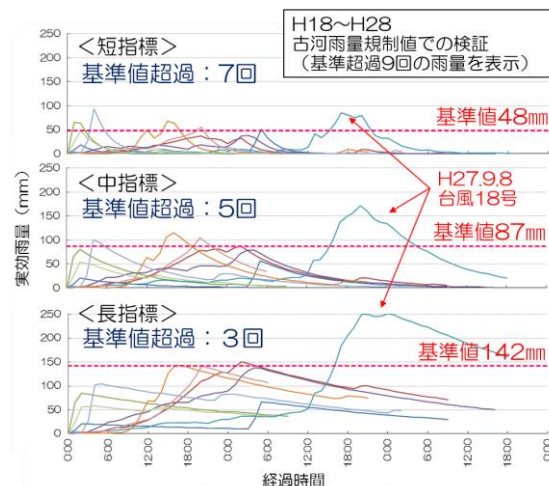


図-4 実効雨量と経時変化の関係