

鉄道トンネルの維持管理における限界管理の高度化に関する取組み

東日本旅客鉄道会社 仙台支社 仙台土木技術センター 正会員 ○阿部 美保
東日本旅客鉄道株式会社 鉄道事業本部 設備部 正会員 伊藤 信

1. はじめに

鉄道において、列車走行の安全確保のために、管理上必要な空間の大きさを定め、構造物の新設や維持管理等を行う上で考慮する考え方がある。この管理上必要な空間には、車両に対する車両限界や、構造物を管理する上で車両限界に対して一定の間隔をもつために用いる建築限界と称するもの等がある。これらの種々の限界は、新たな車両を導入又は構造物新設時等に考慮する他、既設の構造物がそれらの限界を支障していないか確認（以下、限界管理）している。本研究では、鉄道トンネルにおける限界管理の高度化に向けて、計測方法、限界設定方法、解析方法等について実施した取組みを報告する。

2. 鉄道トンネルにおける建築限界計測方法の高度化について

橋りょう、トンネル、停車場等の土木構造物における限界管理においては、前述したとおり建築限界が用いられる。建築限界の大きさは電化・非電化、直線・曲線等の条件によって大きさが異なってくるが、例として鉄道トンネルにおけるトンネルと建築限界の関係のイメージを図-1に示す。

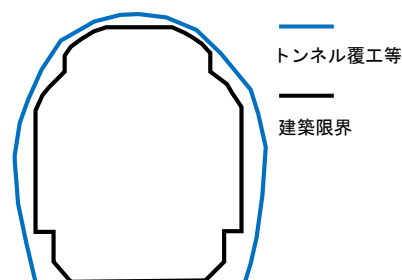


図-1 建築限界のイメージ

この建築限界に関して、維持管理においては、建築限界と土木構造物の位置関係を定期的及び随時確認している。確認する方法として、専用の計測用車両を用いて計測する方法や、個別の計測機を用いて計測する方法がある。計測用車両による計測は、効率的であるものの、精度の面や1箇所に対する計測の実施しやすさという面では個別の計測機を用いた計測方法に劣る。一方で、個別の計測機を用いた計測方法は、精度が高く計測も1箇所に対する計測を実施しやすいものの、効率の面では計測用車両を用いた計測方法に劣る。そのため、まずは計測用車両を用いた計測をトンネル全数に対して実施し、その結果に基づき、任意のトンネルを詳細に調査する場合に、個別の計測機を用いた計測を実施することが多い。ここでは、個別の計測機を用いた計測方法における高度化について示す。



図-2 高密度断面計測機計測状況
と出力されるデータ例

従来用いていた断面計測機は、計測対象の断面に設置し計測を行うものであり、1断面ごとに計測を実施する必要がある。そのため、トンネル延長によっては計測する地点の間隔の設定次第で多くの時間を要する。効率的に限界把握をするために、計測する地点の間隔を広げる方法もあるが、トンネル延長における計測密度が疎になり、精度が落ちてしまう。これらの課題を改善するために、高密度断面計測機を導入することとした。高密度断面計測機は、軌道上に設置し移動可能な計測用架台に、断面方向に対して360°連続的に常にレーザー照射する機械が設置されている（図-2）。この計測機により、断面方向又はトンネル延長方向に連続的に建築限界とトンネル覆工や付帯物との位置関係を把握すると共に、別途任意の断面の抽出も可能であるため、限界管理の精度及び作業効率が向上された。

キーワード 鉄道トンネル、維持管理、限界管理

連絡先 〒983-0853 宮城県仙台市宮城野区東六番丁 31-2 TEL 022-266-2397

3. 鉄道トンネルにおける限界設定方法の高度化について

次に、限界設定方法の高度化について説明する。電化区間における建築限界においては、非電化区間と異なり上部に電気設備を考慮した空間の大きさが設定されている。この範囲においては、車両が電気の供給を受けるための装置であるパンタグラフが存在している。トンネルにおいてはパンタグラフ周辺にもトンネル覆工があるため、これらの動きを想定し一定の余裕量を加えた限界（以下、管理限界）を設定することで、電化区間のトンネルの建築限界において、上部の範囲における限界管理の高度化を試みた。

パンタグラフの動く範囲については、主に図-3 の要素を考慮した。静的な状態におけるパンタグラフの高さに、列車走行時のパンタグラフの押上げ量を加える他、左右方向の列車動揺量を左右3°として管理限界を設定した。

4. 鉄道トンネルにおける管理限界解析方法の高度化について

管理限界を設定した当初は、解析の効率化を図るため静的な状態における基準高さを、軌道から建築限界の高さに相当する 4,900mm に設定していた。しかし、一部のトンネルにおいてはこの概略的な解析方法では評価が困難な箇所があった。そのため、パンタグラフが接しているトロリ線の静的な状態の高さを把握するために、前述した高密度断面計測機のデータからトンネル延長方向 1m 間隔でトロリ線高さを抽出し、静的な状態におけるパンタグラフの高さを設定することで評価精度を高めることができた。

この取り組みにより評価精度が高まる一方で、トンネル延長方向 1m ごとに管理限界を設定し評価するため、解析作業に要する時間が多くなった。そのため、解析の初期の段階では、トンネル延長を数ブロックに分割し、各ブロックに代表的な高さを設定する方法で評価し、より詳細な評価が必要な場合は範囲を絞って断面を細かく設定し評価する方法とした（図-4）。この方法により、維持管理業務上必要な評価精度と解析作業効率のバランスをとることが可能となった。

5. まとめ

本稿で示した高密度断面計測機の活用や、パンタグラフの動きを想定した管理限界の導入、解析手法の検討等により、限界管理の高度化を進めることができた。

これらの取り組みにより、トンネル覆工とパンタグラフの位置関係を評価すると共に、それらの離隔が少ない場合や支障した場合は、図-5 に示すとおり軌道の傾きを調整する、架線の高さを調整する等の対策をシミュレーションし、対策計画を策定することが可能となった。引き続き、限界管理の高度化に向けて、更なる検討を進めていく。

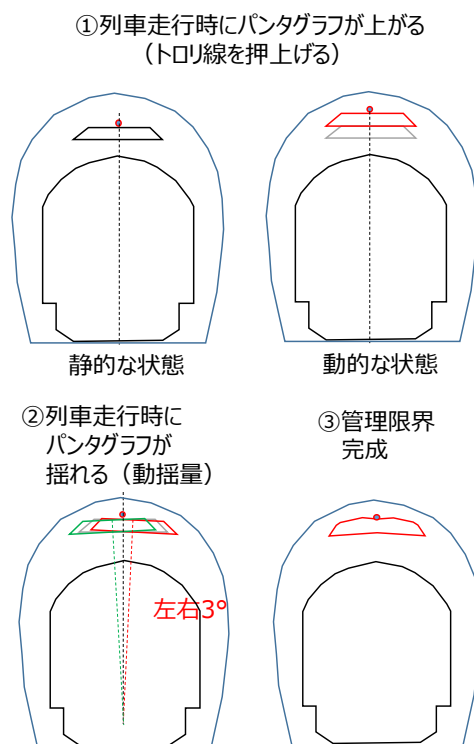


図-3 管理限界設定の考え方

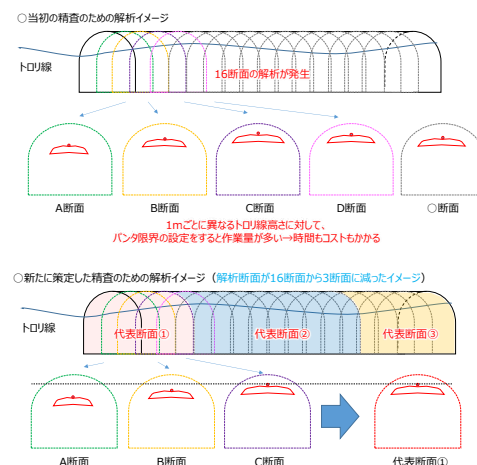


図-4 管理限界解析効率化概要

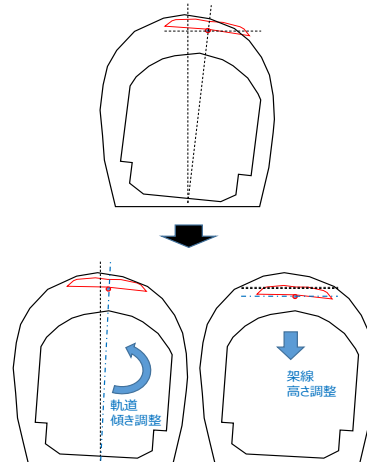


図-5 管理限界調整イメージ