

レールの塩害腐食に対する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○中澤 久雄

1. はじめに

塩害とは、塩分によって鉄やコンクリート構造物が腐食することである。JR 東日本管内では、特に東京支社東海道貨物支線の地下トンネルや新潟支社管内の信越本線、羽越本線で顕著な塩害被害を受けている。新潟支社では過去に塩害による腐食が原因でレール損傷が発生しており、現在は塩害被害が顕著な区間を塩害区間と指定してレール管理を行っている。

2. 研究目的

塩害指定区間では年1回、トンネル区間でレール腹部の腐食量を測定し、腐食量が基準に達する前にレール交換を実施している。しかし、交換基準である摩耗量は過去のレール損傷の経験値から算出されており、科学的な根拠がないことや塩害指定区間についても明確な根拠がないことが問題点である。この課題として塩分量と腐食量の相関関係と設備や環境等の違いによる腐食状態の違いの解明が挙げられる。そこで本研究ではこれらを解明し、塩分量測定によるレール塩害腐食の管理手法を確立することを目的とする。

3. 対象箇所の選定

本研究での対象箇所の条件は、以下の3つとし海岸線に近い羽越本線・府屋～鼠ヶ関間の2つのトンネルを選定した。本研究で選定したトンネルの諸元を表-1に示す。

表-1：対象トンネル諸元

トンネル名	区間	線別	トンネル長さ	離岸距離
新黒崎トンネル	97k836m～98k089m	上	253m	123m
黒崎トンネル	97k948m～98k022m	下	74m	96m

- ①海岸から近いこと
- ②温度変化が少なく湿度が高いこと
- ③雨水等で塩分が流出しないこと

4. 研究内容

(1) 塩分量測定

塩分量測定は、飛来塩分量を測定するガーゼ法とトンネル内の付着塩分量を知るためにバラスト表面付着塩分採取法を行った。塩分量の測定には、精密に測定するイオンクロマトと簡易に測定できる検知管とカンタブを使用した。測定の結果から以下の2点がわかった。

- ・離岸距離が近いほど飛来塩分量は多い
- ・トンネル入口付近では飛来塩分量は多いが付着塩分量が少ない。このことは、雨水等により塩分が流出したためと考えられる。

(2) レール腐食量測定

レールの腐食量は、敷設しているレールの腹部をノギスで測定を行った。腐食量を敷設年数で割り、それを実レール年間腐食速度とした。実レール腐食速度測定結果とトンネル内付着塩分量を図-1に示す。実レールの腐食速度と付着塩分量には、図より相関があり、付着塩分量が多い新黒崎トンネルで腐食速度が速いことが確認された。これにより、付着塩分がレールの腐食を促進させることが推測される。

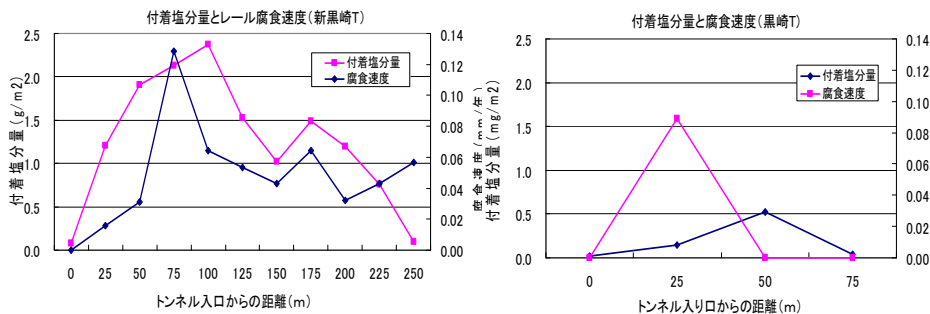


図1：付着塩分量と腐食速度

キーワード 塩害, 腐食予測, 付着塩分量, 交換周期

連絡先 〒950-8641 新潟県新潟市中央区花園 1-1-1 JR 東日本 新潟支社設備部保線課 TEL 025-248-5174

(3) 測定結果のまとめ

今回測定した各項目について、新黒崎トンネルと黒崎トンネルを比べ、まとめた (表-2)。

表 - 2 : 測定結果のまとめ

	離岸距離	飛来塩分量	付着塩分量	腐食量	湿度	腐食速度
黒崎トンネル	近い	多い	少ない	少ない	低い	遅い
新黒崎トンネル	遠い	少ない	多い	多い	高い	早い

この結果、離岸距離が近い黒崎トンネルで飛来塩分量が多いことがわかる。しかし、飛来塩分量と付着塩分量には相関がないことがわかった。これは、トンネル内の湿度は新黒崎トンネルが黒崎トンネルよりも高いためであると推定される。湿度が高いと空気中にある塩分がより捕捉され、それが水分となり、レールに付着し、腐食を促進させていると考えられる。

5. 腐食予測について

現地計測結果より、以下のことを考慮し、腐食予測式を算定した。

- ・腐食速度と付着塩分量、湿度には相関がある。
- ・腐食速度に関して付着塩分と湿度は独立しておらず、相互作用があると仮定した。

以上の条件から、今回測定した平均気温 3℃のときの腐食速度 V_0 は以下の式で表せる。

$$V_0 = A \times Cl + B \times RH + C \times Cl \times RH + D$$

V_0 = 今回の平均気温 (3℃) の腐食速度 (mm/年)

Cl : 付着塩分量 (mdd)、RH : 湿度 (%)、A,B,C,D : 定数

となり、今回の測定データを用いて重相関分析を行い、定数 A,B,C,D を求めた。その結果、 V_0 は以下となった。

$$V_0 = 0.484 \times Cl + 0.000851 \times RH - 0.00676 \times Cl \times RH - 0.047$$

ここで腐食速度は温度に依存するというアレニウスの定理を用いて、年間腐食速度 V を以下に示す。

$$V = (1 + 0.0381 \times (T - 3)) \times V_0$$

V : 年間腐食速度 (mm/年)、 T : 温度 (℃)

6. 腐食予測の活用方法

①合理的な塩害トンネルの指定方法

上記式を用い、これまでの調査から腐食量が著しいと考えられるトンネル入口 25m~150m 付近の付着塩分量、湿度、温度の 3 つの測定を行い腐食進みを求める。例として黒崎 T は 0.08mm、新黒崎 T は 0.12mm であり、合理的に塩害トンネルの区別が可能となる。

②腐食レールの交換周期の策定

上記式から、トンネル内の腐食が著しい箇所の腐食予測が可能となる。この式より腐食量と強度の関係から S-N 曲線図を用いることで余寿命の評価が可能となる。また腐食程度による強度算出されることから周期交換の提案が可能となる。一例として 4mm 腐食した場合の強度から余寿命を評価すると羽越線の複線区間 (年間通トン 560 万トン) では 1 年の余寿命となるので、4mm に至った場合は 1 年以内に交換とする。また新黒崎 T では腐食 4mm に至るまで 33 年であり、この値より周期交換の年数を決めることが出来る。

7. まとめと今後の課題

今回の研究でトンネル内の腐食の促進因子を見出し、腐食予測式を算出した。これを基に塩害区間の指定とレール交換基準の策定が可能と考える。よって、トンネル内のレール交換周期をこまめに設定することが可能であると考える。

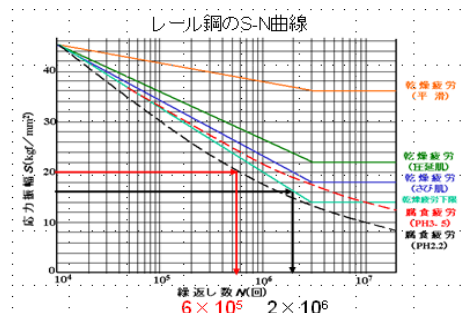


図 2 : レール鋼の S-N 曲線