

海底トンネル内におけるレール腐食の進みと排水中の塩化物イオンとの関係

九州旅客鉄道 正会員 ○佐古 武彦
九州旅客鉄道 力武 基樹
九州旅客鉄道 久保 和範
鉄道総合技術研究所 正会員 坂井 宏行

1.はじめに

JR 九州唯一の海底トンネルである関門トンネルは、本州と九州を結ぶ重要な交通の大動脈である（図1参照）。構造物としてのトンネルは健全であるが、トンネル内の排水中に含まれる塩化物イオンがおこす化学反応による塩害が激しいので、レール交換は5年周期で行っている。一般的に、トンネル内のレール交換は、狭あい区間という断面条件のため極めて困難な作業であり、経費も高い。そこで今回、レール交換周期基準を検討することを目的として、排水中の塩化物イオンにより促進するレール腐食の進みを測定した。

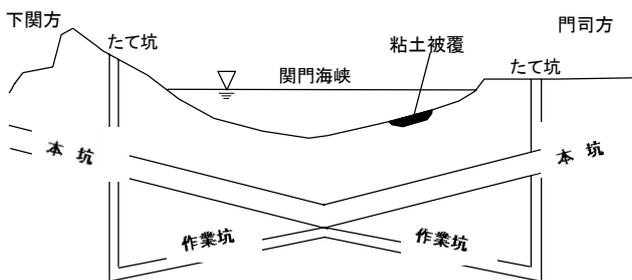


図1 関門トンネル(山陽本線)

2.試験概要

レールの腐食は、目視によってもレール頭部の落込みや底部・腹部の表面におけるふくれ、継目部やレール締結装置付近の損傷として観察することができる。この腐食の状況をより詳しく調べるため、敷設歴3年2箇月の60K DHHレールの腹部厚の経年変化及び腹部厚減少による曲げ強度低下の試験をした。

3.試験方法

3.1 腹部厚の経年変化

レール腹部厚測定は、定位置(関門トンネル海底部3箇所及び陸上部1箇所)の腹部表面に浮きあがっている水酸化鉄コロイドを、レール本体を傷つけないよう注意しながらハンマーの打撃によりたたき落とした後、金属ブラシでレール地金の金属光沢を目

視できるまででいねいに研磨し、鋼橋りょう用の腐食度計を用いて測定した。

3.2 腹部厚と曲げ強度試験の関係

敷設から3年2箇月経過したレールを供試体として、腹部厚減少の著しい12箇所を選定し、曲げ強度試験を実施した。試験片1500mm、スパン1000mmとして、レール頭頂面を上を設置した場合と(以下、HUという)、レール頭頂面を下に設置した場合の(以下、HDという)静的曲げ強度試験を実施した(図2参照)。

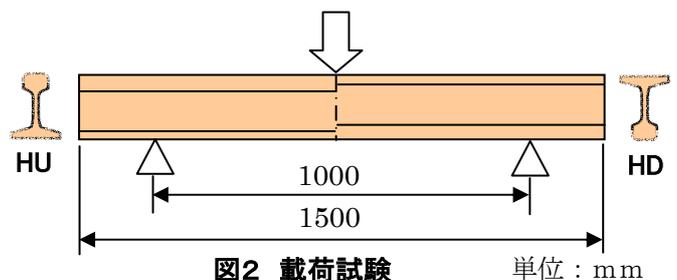


図2 載荷試験

単位：mm

4.試験結果

4.1 腹部厚の経年変化

レール間に設備された排水こう中を通過した延べ塩化物イオン通過量及びDHHレールの腹部厚の経年変化を図3に示す。

延べ塩化物イオン通過量と年数の関係を見ると、どの測点においても両者は比例関係となっている。これは、関門トンネル内では、海水が常に一定の速度で流入していることを示す。

次に腹部厚と敷設年数の関係を見ると、陸上部である測点④は、塩化物イオンの影響を受けていないため、腹部厚の減少はみられなかった。一方、海底部である測点①、②及び③は、排水中の塩化物イオンの影響を受けて腹部厚が減少しており、特に測点②は、3年2箇月目で2.5mm程度減少している。

しかし、延べ塩化物イオン通過量と腹部厚の関係をみると、測点②・③より延べ塩化物イオン通過量が大きな測点①は、腹部厚の減少が小さかった。こ

キーワード 海底トンネル、塩化物イオン、腐食、排水、腹部厚、曲げ強度

連絡先 〒800-0036 北九州市小倉北区京町4-7 九州旅客鉄道株式会社 門司保線区 TEL093-521-7355

これは、下関側が下りこう配のため、列車進行方向と排水の流下方向が同じであり、塩化物イオンの飛まつが少ないためと思われる。一方、門司側は上りこう配であり、列車が排水の流れに対向するので飛まつが多く、塩化物イオンの量が少なくても腹部厚の腐食が激しかったと思われる。

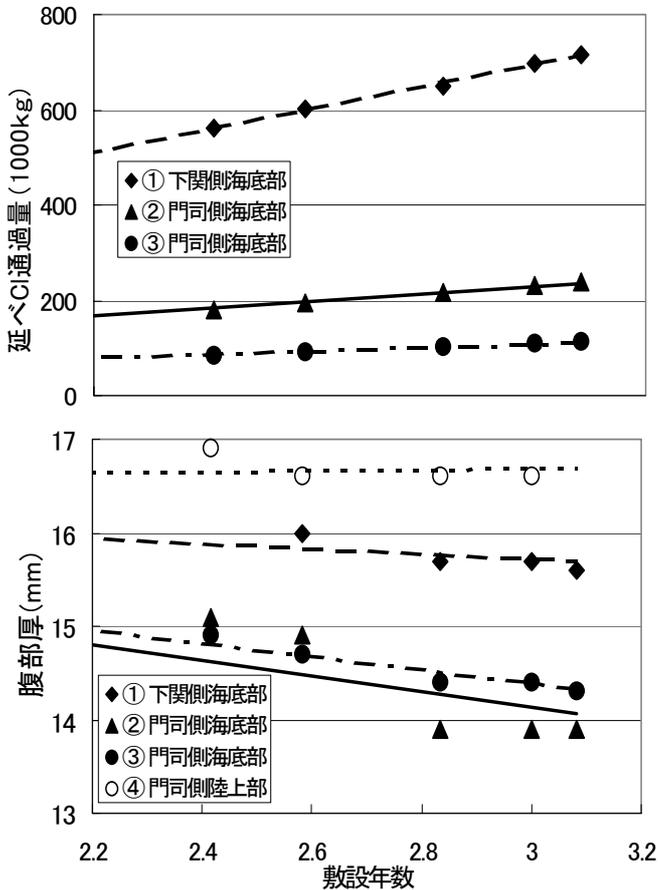


図3 腹部厚の経年変化

4.2 腹部厚と曲げ強度試験の関係

腹部厚減少量と曲げ強度の関係を図4に示す。図をみると、腹部厚の減少に伴い曲げ強度は低下していることがわかる。また、断面形状に影響すると思われるが、HU より HD の方が曲げ強度が小さい結果となった。

5.考察

腹部厚減少量が 4mm を超えても曲げ強度は 1000kN 以上であり、軌道材料の設計荷重に用いられる 95.6kN²⁾ を十分上回る。

参考文献

- 1) 坂井宏行：「海底トンネルにおける鉄道材料の塩害による劣化進み予測のための環境調査」 『日本鉄道施設協会誌』 第40巻9号 2002年9月 p-693。
- 2) 佐藤吉彦、梅原利之：「線路工学」 日本鉄道施設協会 p-20。

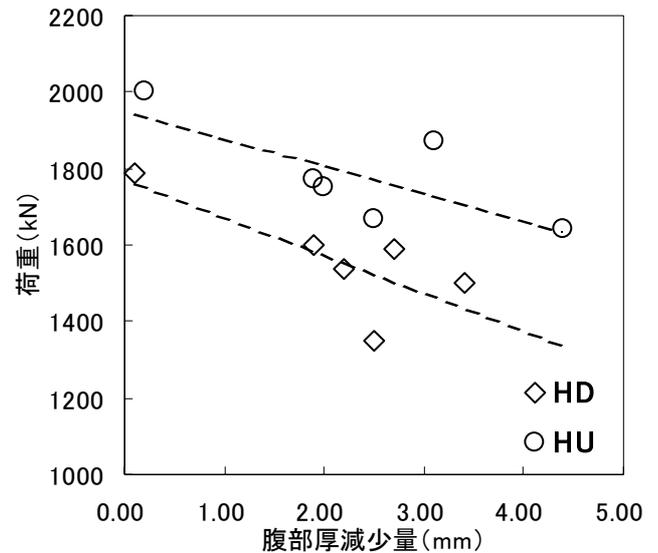


図4 腹部厚と曲げ強度

今回、3年2箇月間敷設したレールで測定された最小腹部厚は 12.1mm で、減少量は 4.4mm であった(HD の場合)。今後も腹部厚の経年変化が図3に示した傾きで減少していくと仮定すれば、現在の交換基準である5年目での腹部厚は、初期値から 6.9mm の減少で 9.1mm となる。減少量 6.9mm のときの曲げ強度は、図4から 1093kN と推定することができ、設計荷重を上回る。したがって、腐食がレール腹部のみであった場合、輪重に耐えうる曲げ強度を有する。しかし、レール強度に影響を与える要素は複合的な要因により決定されるものであるため、他の要素についても十分に検討したい。

6.まとめ

今回の関門トンネルにおけるレール腐食の調査では腹部厚に注目したが、5年間敷設されたレールにおいても、レールが十分な強度を有することがわかった。また、腹部厚の腐食は、排水の塩化物イオンの延べ通過量より、塩化物イオンの拡散の状態に影響を受けやすいことがわかった。

今後の課題としては、車輪横圧に対しての照査、レール頭部落ち込みとの複合的な要因によるレール曲げ強度との関連性、レール底部における腐食量の把握方法などが挙げられる。これらをもとに、レール腐食環境を考えたエリア別交換周期の検討を行い、レールの寿命延伸を考えていきたい。