

新関門トンネル軌道スラブ更换工事に向けた材料選定の取り組み

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○田淵 剛
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 金岡 裕之
西日本旅客鉄道株式会社 越野 佳孝

1. はじめに

新関門トンネルは、昭和 50 年 3 月の山陽新幹線博多開業にあわせて開通し、在来線の関門トンネルに次いで我が国で 2 番目の海底トンネルであり、総延長 18K714M の内約 1km が海底部区間である。この区間は、塩水を含んだ漏水と 85% の高湿度により、各種軌道材料にとって非常に厳しい環境となっている。そのため、軌道材料劣化は他のトンネル区間と比べて進行が早く、材料の延命策の開発が望まれている。

2. 軌道スラブ更换の目的

開業から 28 年が経過し、軌道スラブにき裂、はく離、浮き等が発生しており、これが進行するとレールの締結部に問題が生じる可能性があるため、今までは部分補修等で対処してきた。

そこで、①長期的な列車走行安全性の確保、②安定輸送の持続、③軌道スラブの部分補修コストの削減を目的とし、軌道スラブ更换を行うこととした。具体的には、軌道スラブの強度・耐久性を向上し、部分補修に要した多大な保守経費を削減することである。軌道スラブ更换を完遂するための課題は、主に施工方法の改善と使用材料の検証・開発である。本報告では、主に使用材料について、次項より論じることとする。

3. 使用材料の検証

軌道スラブ更换を実施するため、次のように軌道スラブ更换に使用する材料の検証を行った。

(1) 軌道スラブの長期暴露試験

平成 2 年頃に軌道スラブの劣化・損傷事例が見受けられるようになり、高耐久性を有する軌道スラブを製作することを目的として、同年頃より供試体長期暴露試験を実施してきた。

- ① 経年は約 12 年であり、供試体寸法は $400 \times 1,000 \times 150\text{mm}$ で約 15kg である。暴露状況は図 1 に示すように新関門トンネル内の調査坑で、海水の水路内に供試体の半分を浸漬した。
- ② 使用材料として、セメントは早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび Densit の 3 種類とした。鉄筋については、普通鉄筋とエポキシ樹脂塗装鉄筋の 2 種類とした。
- ③ 約 12 年後に調査した結果、いずれの供試体も腐食に伴うひび割れ等の変状はなく、塩分の浸透は、Densit < 中庸熱 < 早強の順で浸透深さが浅かった。特に、図 2 に示す Densit は鉄筋に到達していなかった。

したがって、セメント材料には Densit で鉄筋にはエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いることにより、塩分の浸透を長期的に防止できることが確認できた。

(2) 新規軌道スラブの設計

一般軌道スラブとの主な相違点は、上記試験の結果を考慮して耐海水性を向上した材料を用いたこと、施工性を向上させるためにスラブの長さを現行より縮小したこと、ロングチューブを用いたことの 3 点である。

キーワード 新関門トンネル、軌道スラブ、スラブ更换

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目 4 番 24 号 JR西日本 施設部 新幹線 TEL 06-6376-6101



図1 暴露状況

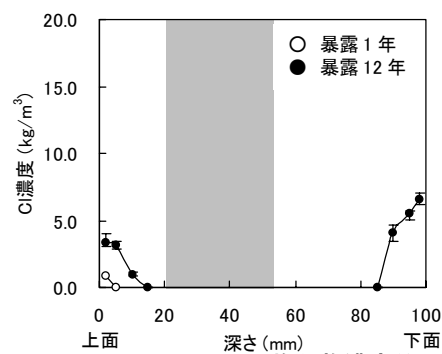


図2 Densit の塩化物濃度分

(3) 填充材の品質確認試験

海底トンネルで使用する填充材に要求される要件は、①急硬性、②耐海水性、③施工性（可使時間、フロータイム）、④填充性の4点である。これらの要件を満足するために過去に開発された填充材について、施工後の経過が良好であることから、これを用いて品質確認試験を実施した。

確認項目は、主に、フロータイム、圧縮強度およびロングチューブへの填充性であり、確認方法は湿潤養生、人工海水養生および天然海水養生の3ケースとし併せて長期暴露試験も開始した。現在までには、填充材に要求される要件はすべて満足するものと確認している。

(4) 破線法を適用するための腐食レールの強度確認試験

軌道スラブ更換の施工性を向上させるため、破線法の適用可否を検討する。具体的には、当該トンネル内のレールの腐食の程度が甚だしいことから、腐食レール同士の溶接可否を検討した。

- ① 溶接方法の選定として、エンクローズアーク溶接とゴールドサミット溶接の溶接方法について検討した結果、当該トンネルで施工実績の豊富なエンクローズアーク溶接を選定した。
- ② 溶接部の試験レールは、過去に当該トンネルから発生した腐食の程度が甚だしい60kgレールとし、溶接条件として、軌道スラブ更換の時間的制約から、芯出しから仕上げまでは70分とした。
- ③ 腐食レール溶接部の曲げ疲労試験
 - (a) 試験方法は4点曲げ疲労試験で行い、試験片は3本とした。
 - (b) 応力設定方法は曲げ応力推定式を用い、算出された応力に安全係数を3、短波長凹凸量を0.1mmとし、試験曲げ応力を 115N/mm^2 とした。
 - (c) 繰り返し回数は、当該トンネルに1年間程度車輪が通過する回数を考慮して200万回とした。
 - (d) 上記試験方法で曲げ疲労試験を実施した結果、全振幅応力 115N/mm^2 の条件下では、3本の試験片とも破断に至らなかった。

以上より、腐食レール同士を溶接するためにエンクローズアーク溶接により、溶接施工時間を芯出し～仕上げまでを70分としても、腐食レール溶接部は問題がないことが確認できたことから、軌道スラブ更換に破線法を適用することが可能であると考えられる。

(5) レール締結装置の腐食に関する検証

本トンネル内のレール締結装置は、腐食の程度を考慮して更換周期を3年としている。そこで、レール更換周期と合わせるため、図3に示すような防食処理を検討してきた。外観上では防錆処理の効果が確認されてきたことから、平成16年度より疲労試験等を実施して更換周期の延伸を検討していきたいと考える。



図3 防錆処理

4. まとめ

本報告では、スラブ軌道構造の強度・耐久性および施工性を向上させるために、軌道スラブ更換に使用する材料の検証を論じた。平成16年3月に人力施工による更換作業が無事完遂した。さらに、平成16年度には機械化施工を計画しており、材料検討についても更なる機能向上と低廉化を目指していきたいと考える。今回の材料検討に際し、お世話になった鉄道総研や各メーカーの関係者の方々に厚く御礼を申し上げる。

参考文献

- ・ 佐々木、大屋戸ら、「新関門トンネル海底部におけるスラブ供試体の暴露試験結果の評価について」、鉄道総研コンサルティング業務報告書、2004年3月
- ・ 堀池、「新関門T内スラブ板の設計審査」、鉄道総研委託業務報告書、2004年3月
- ・ 深田、設楽、堀、「腐食レールの溶接方法の技術的検討」、鉄道総研委託業務報告書、2004年3月
- ・ 前田、「海底トンネルスラブ更換用CAモルタル」、日本鉄道施設協会誌、1995年5月
- ・ 柳谷、田淵、金岡、「海底トンネルにおけるスラブ交換工事計画について」、土木学会第59回年次学術講演会、2004年