

IV-315

新関門トンネル内軌道スラブの塩害対策

JR西日本

正会員 赤野和宏

山下靖二

鉄道総合技術研究所

正会員 安藤勝敏

1. はじめに

山陽新幹線は博多開業以来今年で20年を迎える。新関門トンネル(図1)は在来線の関門トンネルに次いで2番目の海底トンネルで、海底部880mを含む全長18k714mの長大トンネルである。軌道構造はトンネル区間全線に亘りスラブ軌道となっている。新関門トンネルの海底部においては塩分を含んだ漏水により、レールや締結装置類は錆による腐食が激しく、他の箇所比べて短い周期で交換を行っている。海底部付近の軌道スラブについても塩害によると思われる材料劣化が発生しているため、随時補修を行っている。以下、このスラブ軌道の現状と塩害対策について述べる。

2. 海底部付近のスラブの現状

2.1 スラブの変状状況

海底部付近のスラブは開業後2年目位から、スラブ上面や側面に甲羅状の亀裂や表面剥離が発生し、内部の鉄筋が腐食しはじめた。鉄筋の腐食はレール座面部やショルダー部が著しく、レール座面部の一部の鉄筋では、腐食がかなり進行したものも発見された。コーナー部ではコンクリートの一部が欠損する現象も見られた。

2.2 スラブの劣化度

トンネル内で塩害を受けたスラブ(図2)のコンクリートを分析した結果、以下の点が判明した。

①コンクリート中の含有塩分量は、土木学会コンクリート標準示方書に示されている塩素イオン量の許容値($0.3\text{kg}/\text{m}^3$)に対して十数倍となっている。又、表層部に含有量が多く、表面から深くなるに従って含有量は少なくなっている。

②亀裂に沿った部分において、アルカリ骨材反応に特徴的な生成物が存在している。

③塩素イオンや硫酸イオンが関与した典型的な劣化生成物が存在している。

2.3 原因推定

海底部付近のスラブのコンクリート変状は、かぶりが小さい箇所では塩分の浸透により鉄筋が腐食し亀裂が生じたと考えられる。又、ショルダー部などかぶりが比較的大きい箇所では、コンクリートの内部応力により微細な亀裂が生じ、塩分の浸透により内部の鉄筋が腐食したと思われる。

現時点においてスラブの鉄筋コンクリート構造部材として強度面の問題はないと思われるが、今後も塩分の供給が続く環境下では鉄筋が腐食し、コンクリートの変状が進行していくと考えられるため、引き続き検査と補修を重点的に行う必要がある。

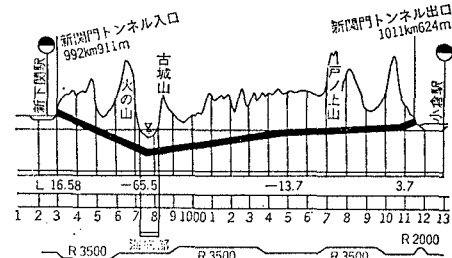


図1 新関門トンネル線路縦断面図

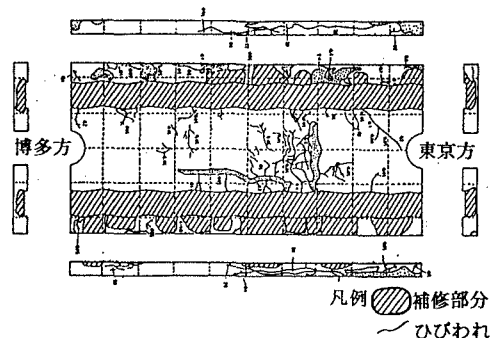


図2 スラブ変状状態

3. スラブ軌道の劣化対策

3. 1 過去の経緯

スラブの劣化対策として昭和52年度以降、表1のように樹脂モルタルで補修を行ってきた。又、平成2年度からは、一部試験的にスラブ交換工事を進めてきた。（表2）その際、新規スラブには内部の鉄筋はエポキシ樹脂塗装鉄筋を、又、てん充材は樹脂を用いた。

3. 2 今回の取組み

スラブ交換工事費に占める樹脂てん充材の割合が高いため、今回、施工費の低廉化を図るために、てん充材として新たに開発された急硬性耐海水性CAモルタルを用いることとした。

(1) 施工性確認試験

本工事に先立ち、本CAモルタルの施工性、初期強度発現状況の検証等を行うために、屋外において実物スラブを使用して施工性確認試験を実施した。試験施工に先立ち、次の工夫を行った。

①耐衝撃性を向上するためガラス繊維マットを、充填性を損なわないようにスラブ端部にコの字型の2層で敷設する。

②パッチ毎の物性のバラツキを防ぐため、予め練り混ぜ試験を行って現場配合を決定し、投入材料をパッチ単位に分けておく。

てん充材に要求される性能は、主に次の事柄がある。

- ①限られた保守時間内で作業を行うため急硬性である。
- ②初列車通過時に必要な強度発現をする。
- ③流動性に優れ、スラブ下面全体に充填する。

試験の結果、CAモルタルは初期強度、流動性など所要の性能を満足し、又、可使時間内に注入作業が終了できたことから、本線工事で使用可能であると判断した。

(2) 本線工事

CAモルタルの注入はロートを使用して注入孔から自然流下で行い、勾配の低い方の注入孔から順次盛り替えていく工法を採用した。又、常に新鮮な材料を送り込むために、練り混ぜは5班で連続して行い、可使時間内にスラブ1枚分の注入が終了するように、作業員の役割を明確に分担し、攪拌所要時間などのサイクルタイムも秒単位で管理した。

本工事の材料の物性は表3に示すとおりで、「CAモルタルによるスラブ軌道等てん充層補修の手引（鉄道総合技術研究所）」で示されている規格値と比べて、早強性及び流動性に優れている。

4. まとめ

本工事は新幹線の限られた作業時間帯の中で、徐行をとることなく安全に施工できた点で大きな成果があった。今回使用した急硬性耐海水性CAモルタルは、初期強度・流動性とも所要性能を満足し、材料費の低廉化や施工性から、今後のスラブ軌道補修にも十分適用できると考える。又、これにより、従来の樹脂と比べておよそ3割材料費の低減が可能となった。

今後は、現地において材料の耐久性について追跡調査を行うと共に、海底部付近のスラブ軌道の更に安全で、効率的な保守方法の検討を行っていく必要があると考える。

表1 剥離補修実績

年度	数量 (m)	施 工 内 容
52	29.4	スラブ上面 レ15 ジ14.4
53	99.7	スラブ上面 レ30.1 ジ69.6
54	98.4	スラブ上面 レ60.0 ジ38.4
55	19.0	スラブ上面 レ19.0
56	46.2	スラブ上面 レ46.2
57	65.7	スラブ上面 レ65.7
58	69.4	スラブ上面+レール下面 レ69.4
59	28.0	スラブ上面+レール下面 レ28.2
60	159.5	レール下面 レ159.0
61	208.0	レール下面 レ208.0
62	323.0	レール下面 レ323.0
63	333.0	レール下面 レ333.0
H1	122.0	スラブ下面 レ122.2
H6	16.1	スラブ下面 約16.1
合計	1617.6	補修枚数 350枚

注：レ レゾークコートで補修、ジ ジョイントセメントで補修

表2 スラブ交換実績

年度	数量	交 換 目 的
H2	3	スラブ交換施工工法の確立
H3	7	スラブの各種劣化度調査
H4	3	スラブ応力測定
H6	3	CAモルタルによる交換
合計	16枚	

表3 CAモルタル物性

項 目	本材料	規格値
フロータイム (秒)	8.1	10~15
膨張率 (%:24h)	0~2	0~2
圧縮強度 (kgf/cm ²)	σ_{1h} 4.5 以上 σ_{28d} 38.4	1 以上 18 以上
静弾性係数 (kgf/cm ²)	1300	—
可使時間 (分)	24	—