

塩化物イオンを含有する軌道スラブのひび割れ先行型鉄筋腐食に関する一考察

鉄道総研 正会員 ○飯島 亨

鉄道総研 正会員 高橋 貴蔵

鉄道総研 正会員 上田 洋

JR 西日本 正会員 山根 寛史

1. はじめに

軌道スラブは、省力化軌道として新幹線を中心に多くの線区で使用されており、維持管理に関する調査も実施されている¹⁾。この調査から、「コンクリート中の塩分総量規制（昭和 61 年 6 月）」以前に製作された軌道スラブの一部でコンクリート中に塩化物イオンが含まれていること、一部の軌道スラブにひび割れがあることがわかり、コンクリート中の鉄筋腐食が懸念された。本稿では、内在塩分を有する軌道スラブのひび割れ先行型鉄筋腐食を、実際に敷設されていた軌道スラブを用いた供試体で検討したので、その結果を報告する。

2. 試験概要

試験に用いた軌道スラブは、表 1 および図 1 に示すとおりで、コンクリート中の塩化物イオン量が 1.91kg/m³ と多く、ひび割れが認められるものである。この軌道スラブを切断し、ひび割れを含む供試体（20×10×20 cm 程度）を作製した。試験に用いた供試体はひび割れ幅の大きいものから選定し、主に 0.1mm 以上を対象とした。さらに、図 2 に示すように、鉄筋位置とひび割れの位置が一致しているものを「鉄筋直上のひび割れ」、それ以外を「鉄筋近傍のひび割れ」とし、それぞれの鉄筋腐食速度を測定した。

鉄筋腐食速度の測定は、分極抵抗法により行った。分極抵抗は 10Hz と 20mHz の 2 周波数の交流インピーダンス値から見かけの分極抵抗 R_p' (Ω) を求め、それに鉄筋の表面積を乗じて真の分極抵抗 R_p (Ωcm²) を算出した。鉄筋腐食速度は腐食電流密度 I_{corr} (A/cm²) を算出し、さらにファラデーの第 2 法則から年間の単位表面積あたりの腐食減量 (mg/cm²/年) として求めた。なお、得られた値は鉄筋全表面積あたりの腐食速度である。参考のため、腐食速度の判定基準²⁾を表 2 に示す。

各供試体は、明り区間もしくはトンネル区間で漏水が少ない箇所（通常状態）を模擬して水中に 1 日間浸漬した後に気

表 2 腐食判定基準²⁾

腐食電流密度 I_{corr} (μ A/cm ²)	腐食速度の判定	腐食速度 V^* (mg/cm ² /年)
0.2 未満	不動態状態(腐食なし)、 極めて遅い腐食速度	1.8 未満
0.2～0.5	低～中程度の腐食速度	1.8～4.6
0.5～1	中～高程度の腐食速度	4.6～9.1
1 より大	激しい、高い腐食速度	9.1 より大

* : 1 μ A/cm² = 9.13 mg/cm²/年

表 1 使用した軌道スラブ

軌道スラブ形式	A-51
経年(年)	36
中性化深さ(mm)(平均)	1.65
塩化物イオン量(kg/m ³)	1.91



図 1 軌道スラブのひび割れ状況

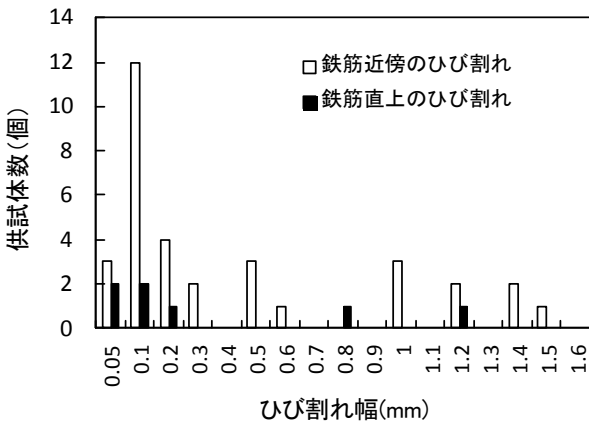


図 2 供試体数とひび割れ幅の関係

キーワード 軌道スラブ，ひび割れ，鉄筋，塩化物イオン，腐食速度，分極抵抗

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7338

温 20℃、相対湿度 60%で 1 日静置したものと、トンネル区間の漏水箇所（長期湿潤状態）を模擬して水中に 28 日間浸漬した後に気温 20℃、相対湿度 60%で 1 日静置したもののそれぞれについて測定を実施した。

3. 試験結果

ひび割れが発生している軌道スラブを切断して作製した供試体のひび割れ幅と鉄筋腐食速度の関係を図 3、図 4 に示す。図 3 の通常状態において、腐食速度は「鉄筋近傍のひび割れ」の場合、ひび割れ幅と相関がなく 1 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$ 程度の値となり、鉄筋は不動態状態もしくは極めて遅い腐食速度であった。しかし、「鉄筋直上のひび割れ」の場合、ひび割れ幅が大きくなると鉄筋腐食速度が速くなる傾向にあり、ひび割れ幅 1.2mm では 7.4 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$ となり、鉄筋の腐食速度は中～高程度となった。一方、図 4 の長期湿潤状態における鉄筋腐食速度は「鉄筋近傍のひび割れ」の場合、ひび割れ幅が大きくなると速くなる傾向にあり、ひび割れ幅 1.5mm では 7.7 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$ （中～高程度の腐食速度）となった。さらに、長期湿潤状態で「鉄筋直上のひび割れ」の場合、鉄筋の腐食速度はひび割れ幅が大きくなるに連れて急激に加速され、ひび割れ幅 1.2mm では 23.5 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$ （激しい、高い腐食速度）となることがわかった。

以上のことから、2 kg/m^3 程度の塩化物イオン量をコンクリート中に含有する軌道スラブのひび割れ先行型鉄筋腐食は、ひび割れ発生箇所と鉄筋との位置関係や水の供給条件によって異なり、鉄筋直上にひび割れがある場合と長期湿潤状態にある箇所で鉄筋腐食が進行しやすいことがわかる。また、この場合にはひび割れ幅が大きくなるほど鉄筋腐食速度は速くなることわかった。

4. まとめ

軌道スラブの長期的な維持管理を行うために、塩化物イオンを含有する軌道スラブにおいて、ひび割れ先行型鉄筋腐食を調べた結果、以下のことがわかった。

ひび割れ先行型鉄筋腐食の腐食速度は、鉄筋直上にひび割れがある場合と長期湿潤状態にある箇所です速くなることわかった。このため、ひび割れが発生している箇所の維持管理では、ひび割れと鉄筋との位置関係、湿潤環境の有無およびひび割れ幅の確認が重要になると考える。

参考文献

- 1) 山根寛史, 森山洋介, 金岡裕之, 今城正嗣: 内在塩分を有する軌道スラブの劣化状態調査結果について, 第 18 回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RALL2011), pp.95-98, 2011
- 2) 土木学会: コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会(338 委員会)委員会報告書, コンクリート技術シリーズ 86, p.257, 2009

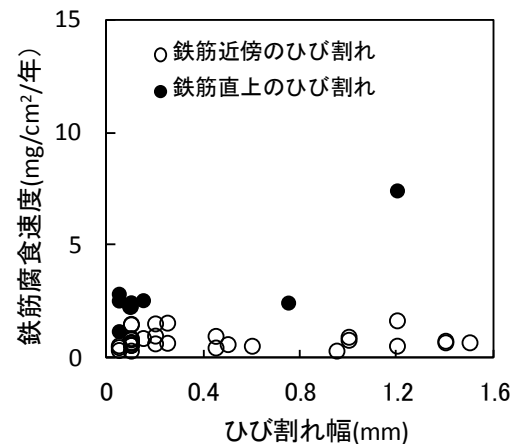


図 3 ひび割れ幅と腐食速度(通常状態)

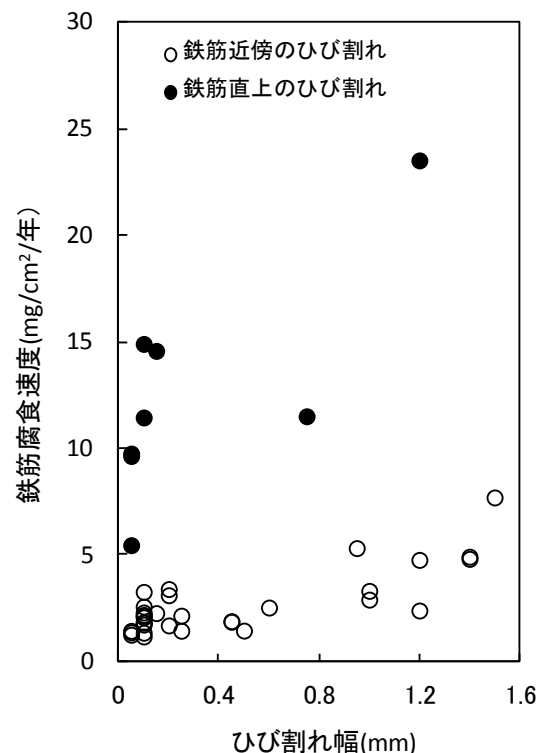


図 4 ひび割れ幅と腐食速度(長期湿潤状態)