

新幹線軌道スラブにおけるひび割れ補修工法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○菊池 健司
山本 亮佑
株式会社栄組 正会員 佐々木 栄洋

1. 背景

JR 東日本の新幹線軌道構造は、総延長約 2,240km のうち約 1,961km (87%) がスラブ軌道であり、スラブ板は 39 万枚を超える枚数を保有・管理している。スラブ軌道のメリットは省メンテナンス性が挙げられ、バラスト軌道と比較すると短期的なメンテナンスコスト（軌道整備等）は少ない。一方で、建設費用が高いことや長期的な修繕（スラブ交換等）は大規模な工事が必要となり費用も高くなることがデメリットとして挙げられる。東北・上越新幹線は開業から 40 年を超え、スラブ板劣化（亀裂・損傷）が増加しているため低コストで効率的な修繕が必要であるが、補修方法が確立しているとは言い難い。

そこで、本報告では効率的・効果的なスラブ板のひび割れ補修方法について報告する。

2. 現状把握と課題

JR 東日本においてスラブ板のひび割れに関する補修目安は、ひび割れ幅 0.2 mm 以上 5mm 以下かつ延長 1,000 mm 以上としている。スラブ軌道各部補修の手引き¹⁾によると 0.2 mm 程度のひび割れについては塗布工法が推奨されており、0.2 mm 以上については堰工法とされているものの、実際のひび割れ補修には低圧注入工法を実施している。低圧注入工法は、細部まで補修剤が浸透しない可能性があること、ひび割れが広範囲の場合は注入箇所が多くなること、注入に時間がかかること等が課題である。岩手県真柴工区内の軌道スラブには写真 1 に示す亀甲状のひび割れが散見されている。



写真 1 スラブ上面の亀甲状のひび割

3. 変状調査およびひび割れ注入試験

表 1 に変状調査の実施概要および東北新幹線本線でひび割れ注入の実証試験の概要を示す。

該当区間のスラブの変状は、トンネル内部(RC 構造)と明かり部(PRC 構造)で違いがみられたが、どちらも中性化は見られなかった。また、コア採取によりスラブ内部の鉄筋腐食は最大でも表面錆程度であることが確認された。また、トンネル内部スラブから採取したコアにはひび割れ面に薄い油脂分が付着し、明かり部スラブ

表 1 スラブの変状（ひび割れ）調査および注入実証試験の概要

種別	標準踏査	詳細調査	注入試験
期間	2020年9月8日～2021年3月24日	2021年3月25日～2022年4月14日	2022年1月20日～2023年1月18日
内容	・文献調査、資料調査 ・現地状況（線形、環境） ・目視調査（RC、PRCスラブ構造による変状の違い、変状の有無と進行状況）	・コンクリートの調査（ひび割れ幅、深さ、打音による浮き、かぶり、強度推定、コア採取） ・鉄筋の調査（鉄筋の腐食程度、配筋状況、鉄筋腐食速度の推定） ・採取したコアの中性化試験	・盛岡新幹線保守基地内スラブ上面にて真空吸着型注入機の吸着性試験 ・真空吸着型圧力調整注入工法によるスラブ上面での注入試験 ・注入箇所でのコア採取（注入状況確認） ・スラブ側面（縦断方向かつ横断方向）にて開発した注入装置の注入試験 ・注入箇所でのコア採取（注入状況確認）
結果	【トンネル内のRCスラブ】 ・発生状況に差はあるが全スラブでひび割れを確認 ・側面部のひび割れは概ね締結ボルト部から伸びている ・坑口より200m以上の座面式のひび割れ幅は大きい ・スラブ表面の被膜状のものは坑口付近で薄く、塗布材ではなく油膜と考えられる 【明かり部のPRCスラブ】 ・ひび割れのあるスラブは限定的（全スラブで発生していない） ・ひび割れの発生は比較的局所的で、アルカリ骨材反応のひび割れとは異なっている ・ひび割れのないスラブ表面は、スケールリングで骨材表面が露出している ・ひび割れのあるスラブ表面は、比較的平滑で骨材の露出がない（被覆効果の可能性あり）	【トンネル内のRCスラブ】 ・ひび割れ幅：比較的小さい ・規則性：あり ・レール間：鉄筋とほぼ同じ位置、軸・軸直角両方向で発生 ・スラブ端部：軸直角方向に発生 ・鉄筋腐食：表面錆程度、腐食なしの箇所あり ・採取コア：中性化はみられなかった ・その他：ひび割れ面に薄い油脂分が付着 【明かり部のPRCスラブ】 ・ひび割れ幅：比較的大さい（隅角部でより多く浮き、欠損発生） ・規則性：なし ・鉄筋腐食：表面錆程度、腐食なしの箇所あり ・採取コア：中性化はみられなかった ・その他：コンクリート表面スケールリングで骨材表面が露出、ひび割れ面には土粒子等の付着がみられた	（仮説）時間的制約がある中、洗浄なしで接着性が確保できれば、短時間での施工が可能であり、経済性も高いことから、洗浄なしでひび割れ注入するメリットは大きい。 （検証）洗浄なしでひび割れ注入の実証試験を行い、ひび割れ閉塞確認、後日、注入箇所でもコア採取し、次の2点を確認。 ①エポキシ樹脂系注入材の注入：2箇所のうちいずれも注入材が充填され接着が確保⇒ひび割れ内土粒子があっても注入効果が高い、氷点下でも注入可能なリポキンで良好な結果を得た。 ②ポリマーセメント系注入材の注入：2箇所のうち1箇所はひび割れでコアが分離⇒ひび割れ内土粒子があると注入効果は低い（結論）軌道スラブの注入材にエポキシ樹脂系注入材を注入することが望ましい

キーワード：スラブ、ひび割れ補修、圧力調整注入工法

連絡先 〒024-0061 岩手県北上市大通 1-1-2 JR 東日本(株)北上新幹線保線技術センター TEL 0197-63-4237
〒028-0776 岩手県遠野市上郷町板沢 9-19-1 株式会社栄組 TEL 0198-65-3032

からはひび割れ面に土粒子等が付着していた以外に変状は確認されなかった。このことからスラブの変状がひび割れの場合、ひび割れ注入により劣化因子の侵入を防ぐことができれば、スラブ劣化を抑制でき、予防保全対策として有効であると考えられる。さらに、ひび割れ面に油脂分や土粒子等の異物が付着しているが、異物の洗浄なしで接着性のある注入材を注入することができれば、施工上のメリットは大きい。そこで、洗浄を行わずにエポキシ樹脂の注入を行い、注入箇所からコアを採取し、ひび割れへの充填性（ひび割れの閉塞状況）を評価することとした。

4. ひび割れ箇所に適した注入装置の開発および注入方法

スラブへのひび割れ注入における条件として、①注入性能が高く、スラブ上面、側面すべての箇所に注入可能であること、②着手から完成まで、一夜で完了すること、③外気温等の施工環境の影響を受けず、安定して施工が行えること、の3点を掲げた。注入方法を検討した結果、この条件をクリアした圧力調整注入工法²⁾を採用した。

スラブ上面のひび割れは、既存の圧力調整注入工法の注入装置で注入できたが、縦断・横断方向側面（スラブ間隔 5cm～15cm の狭い箇所）のひび割れ注入には、注入装置の改良、新たな注入装置を開発する必要があった。開発した注入装置は、真空吸着機能による注入装置の固定可能、漏れがなく良好なひび割れ注入が可能な機構、樹脂系・セメント系・含浸系のすべての注入材料が注入可能などの特徴を有するが、知的財産にかかわるため詳細は差し控える。写真2～写真4は各箇所のひび割れ注入状況である。これらの注入装置を使用して本線スラブのひび割れに、超微粒子セメント注入材、エポキシ樹脂系注入材を注入した結果、施工性に問題はなく、注入後のひび割れ閉塞の経過観察においても異常は確認されなかった。

5. まとめ・今後の方針

軌道スラブの上面、縦断方向側面、横断方向側面に発現したひび割れに、セメント系、樹脂系ひび割れ注入材を注入し、小口径コアを採取して注入性を評価したところ、すべてのひび割れに対して材料が注入されていることが確認でき、圧力調整注入工法によるひび割れ注入は有効であることが明らかとなった。図1に示す軌道スラブでのひび割れ注入の標準工程を確立することができた。ひび割れ内の洗浄なしにエポキシ樹脂は良好に注入されており、コアを採取してひび割れが閉塞していることを確認した。ひび割れ幅が広い箇所では充填性にバラツキが発生したため、今後の課題としては実証実験を重ね、ひび割れ幅と注入材の粘性の関係性を明確にする必要がある。

参考文献

- 1) 財鉄道総合技術研究所, スラブ軌道各部補修の手引き, H10 年 5 月
- 2) <https://sakaegumi.jp/sapis.html>

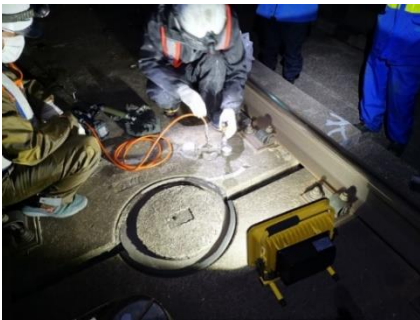


写真2 上面の注入 (圧力調整注入工法)



写真3 側面の注入 (圧力調整注入工法)



写真4 スラブ間の注入 (圧力調整注入工法)



写真5 コアのひび割れの閉塞確認

工種/作業内容	作業工程										施工時間 (所要時間:分)	
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	hr		
現場入場・資機材搬入	■										23:00~23:20	(20)
施工前調査・準備工		■									23:20~23:30	(10)
仮止めシール			■	■							23:30~00:00	(30)
注入工(無機系 2 種類注入)				■					45m/135min		00:00~02:15	(135)
注入工(有機系 1 種類注入)				■					40m/135min			(135)
注入機材洗浄工・仕上工								■	■		02:15~02:30	(20)
片付け工									■		02:30~02:50	(15)
資機材搬出・現場退場									■		02:50~03:00	(10)
完了確認											03:00~	

図1 圧力調整注入工法によるひび割れ注入工の標準工程