# てん充層の支持状態が枠型軌道スラブに及ぼす影響に関する3次元非線形 FEM 解析

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 〇谷川 光 高橋貴蔵 桃谷尚嗣

## 1. はじめに

図1に示すスラブ軌道は、てん充層(CA モルタル)の劣化による支持状態の変化で軌道スラブにひび割れが発生することから、重錘落下や打音試験により支持状態を評価する検査方法が開発されている<sup>1)</sup>.しかしながら、てん充層の具体的な支持範囲の変化量が軌道スラブのひび割れ位置や鉄筋応力に及ぼす影響についてはさらなる検討の余地があった.そこで、本研究では支持状態をパラメータとした3次元非線形 FEM 解析による考察を行った.

## 2. 解析モデル

解析モデルを図2に、要素の物性値を表1に示す.枠型軌道スラブ(AF-55M)が敷設された新幹線スラブ軌道を 想定し、軌道中心を対称面とした軌道スラブ4枚分の延長とした.てん充層はロングチューブ式CAモルタルを想 定し、図2(b)に示したように「CASE1:スラブ2の片端が不支持状態」、

「CASE2:スラブ2の両端が不支持状態」,「CASE3:隣接するスラブ 3とともにそれぞれの片端が不支持状態」となる3ケースを設定した. てん充層をレール長手方向に欠損させることで不支持状態を表現し, 不支持範囲(欠損長)は0mmから段階的に2138mm(第4または第5 締結直下)まで設定した.なお,2138mm まで欠損が進行したスラブ 軌道は確認されていないが,本検討では傾向把握を目的に設定した.

軌道スラブのコンクリート要素の構成則には、Rankine 破壊モデルお よび予測子-修正子法による塑性モデル<sup>2)</sup>を使用し、鉄筋要素はバイリ ニア型構成則とし、付着モデルも適用してテンションスティフニング 効果も考慮した.荷重は、静止輪重 85kN に変動輪重係数 1.45(疲労 破壊を想定)を乗じた値とした.荷重は、図 2(c)に示したように、先 頭車両の前台車の前軸車輪がスラブ 3 の第 1 締結からスラブ 2 の第 1 締結まで 1 締結ずつ移動するように与えた.拘束条件は、てん充層の 底面を完全拘束とし、対称面は YZ 平面での対称条件となるように拘 束を設けた.部材間の接合は、完全結合とした.



#### 図1 スラブ軌道の構造

#### 表1 各要素の代表的な物性値

部材	要素種別	弾性係数(MPa)	ポアソン比
レール	ソリッド	200000	0. 3
軌道パッド	ソリッド	ばね定数で60MN/m 相当の値を設定	0. 499
タイプレート	ソリッド	200000	0. 3
てん充層	ソリッド	1260	0. 2
部材	要素種別	弾性係数(MPa)	ポアソン比
軌道スラブ (コンクリー ト)	ソリッド	31000	0. 2
		圧縮強度(MPa)	引張強度(MPa)
		40	2.69
		粗骨材最大寸法(mm)	破壊エネルギー(N/m)
		20	92.8
部材	要素種別	弾性係数(MPa)	降伏強度(MPa)
軌道スラブ (鉄筋)	バー	200000	345



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 軌道・路盤 TEL042-573-7276



## 3. 解析結果と考察

図3および図4に解析結果を示す.図3より,ひび割れはてん充 層の欠損境界位置上付近で発生し,不支持範囲の増大に伴いスラブ 中央部へひび割れ位置が変化した.また,締結装置間に欠損境界が あると当該締結装置間にひび割れが発生し,締結装置直下に欠損境 界があるとその前後にひび割れが発生した.なお,いずれのケース においても,スラブ底面でのひび割れは確認されなかった.

図 4(a)(b)より,いずれのケースにおいても,レールおよび軌道ス ラブ2の最大鉛直変位は不支持範囲の増大に伴って増加する傾向が 見られた. CASE1 および CASE2 では概ね同値であったが, CASE3 のように隣接スラブも欠損している場合は,不支持範囲の増大に伴 う最大鉛直変位の増加量が大きくなった.

図 4(c)より, CASE1 および CASE2 では,不支持範囲 2138mm(第 4 または第 5 締結直下まで欠損)において鉄筋の設計引張疲労強度

(D13 異形鉄筋,引張強度 490MPa, 8 両編成・50 本/日・50 年間 の条件で算出)に達した. CASE3 では,不支持範囲 1513mm(第3 または第6 締結直下まで欠損)において鉄筋の設計引張疲労強度に 達した.この時の軌道スラブの最大鉛直変位は図4(b)より-2.5mm で あった.本解析では,てん充層が全厚さ50mmにわたって欠損する モデル形状としたが,スラブ下面に2.5mmの隙間を設けた形状とし た場合でも鉄筋の設計引張疲労強度に達すると考えられる.

今後は、片レール側のてん充層が不支持となる場合についても検 討を進めていく予定である.

## 参考文献

 高橋貴蔵,小滝康陽,桃谷尚嗣,板倉真理佳:重錘落下および打音による軌道ス ラブ底面に生じる隙間の検査方法,鉄道総研報告, Vol.33, No.2, pp.41-46, 2019.2
Cervenka Consulting: ATENA Program Documentation Part-1 Theory, 2018.1



(b)軌道スラブ2の最大鉛直変位



図4 解析結果(不支持範囲の影響)