

軌道用コンクリート部材に与える鉄筋腐食の影響

鉄道総合技術研究所 正会員 高橋貴蔵 淵上翔太 関根悦夫
 北武コンサルタント 正会員 渡辺忠朋
 山梨大学大学院 正会員 斉藤成彦

1. はじめに

山陽新幹線の大阪-博多間に敷設されている軌道延長の約7割は、図1に示すコンクリート構造のスラブ軌道(図1)であり、スラブ軌道を構成する部材の一つである軌道用コンクリート部材(以下、軌道スラブと称す)の枚数は約11.6万枚である。山陽新幹線に敷設されている軌道スラブの製作時に、コンクリートに用いる海砂に対して規制はあったものの、塩化物含有量が高い海砂が用いられた可能性が高く、腐食発生限界量とされている $1.2 \sim 2.5 \text{ kg/m}^3$ よりも多い塩化物イオンが検出されている。今後、一度に大量の軌道スラブの補修や交換を行わなくてもよいように計画する必要があるが、これまで鉄筋腐食が軌道スラブに与える影響の評価は実施されておらず、また軌道スラブのように厚さが160mmと薄い部材に対して鉄筋腐食が与える影響を検討した例はほとんどない。以上を踏まえ、本研究では軌道スラブの補修・交換基準を作成することを目的として、鉄筋腐食が軌道スラブに与える影響を川井らによって提案された剛体-ばねモデル¹⁾を用いて検討した結果を報告する。

2. 剛体-ばねモデルによる解析²⁾³⁾

鉄筋腐食が軌道スラブの荷重変形挙動に与える影響を、比較的簡易にコンクリートのひび割れなどによる不連続性を評価可能である2次元剛体-ばねモデルを用いた材料非線形解析により検討した。

軌道スラブをレール直角方向に幅625mmで切り出した形状の解析モデルを図2に示す。解析モデルは左右対称を考慮してスパン中央断面をはり軸方向に拘束した。コンクリートはひび割れの要素分割依存性を低減するためボロノイ分割を用いてランダムに要素分割した。鉄筋ははり要素を用いて離散的にモデル化し、付着リンク要素によってコンクリート要素と結合した。コンクリート要素は剛体とし、要素間の垂直ばねとせん断ばねで非線形挙動を与えるものとし、垂直ばねには図3に示す応力-ひずみ関係を、せん断ばねには図4に示すモール・クーロン型の破壊条件により定まるせん断強度を適用した。鉄筋には図5に示すひずみ硬化を考慮したバイ・リニア型の応力-ひずみ関係を適用した。

解析では鉄筋の腐食が引張鉄筋に一様に生じるものとし、引張鉄筋の断面積の減少とコンクリートと鉄筋の付着劣化によって与えた鉄筋の付着-すべり関係には島ら⁴⁾による提案式を40%に低減したものを⁵⁾用い、付着劣化には文献⁶⁾の式(1)を用いた。鉄筋の質量減少

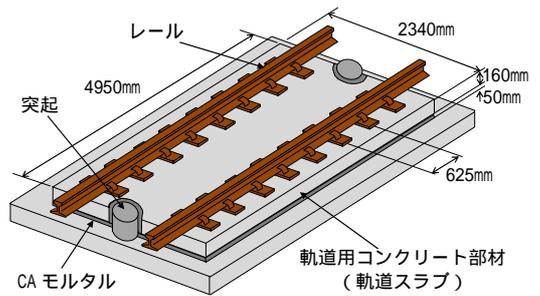


図1 スラブ軌道の概要

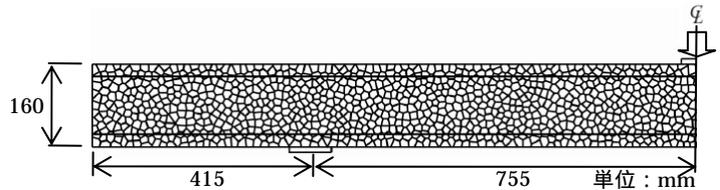


図2 解析モデル

表1 解析モデル条件

断面	幅	625 mm
	高さ	160 mm
長さ		1170 mm
鉄筋量	圧縮側	D10×6
	引張側	D10×6
芯かぶり	圧縮側	24 mm
	引張側	25 mm
支点間距離		1510 mm
載荷方法		2等分点

表2 材料特性

コンクリート	
圧縮強度	40 N/mm ²
引張強度	2.7 N/mm ²
弾性係数	31 kN/mm ²
ポアソン比	0.2
鉄筋	
降伏強度	345 N/mm ²
弾性係数	200 N/mm ²
ポアソン比	0.3

キーワード 剛体-ばねモデル, 腐食, 軌道スラブ, 曲げ耐力, ひび割れ

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 TEL 042-573-7276

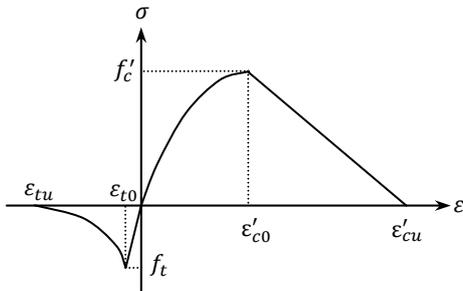


図3 コンクリートの応力-ひずみ関係

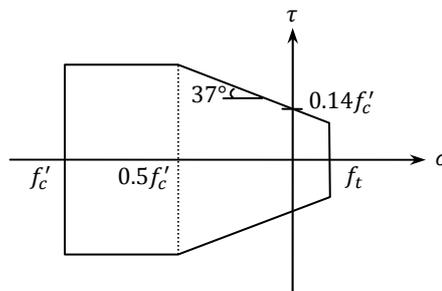


図4 モール・クーロン型破壊条件

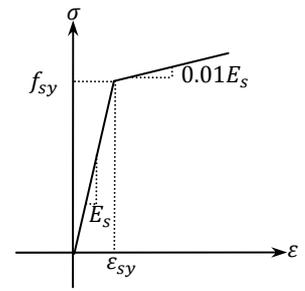


図5 鉄筋の応力-ひずみ関係

率は0, 10, 30%の3パターンとし、それぞれに対する鉄筋の付着-すべり関係は図6に示す通りである。

$$\frac{\tau_b}{\tau_{b0}} = \exp(-0.0607C)$$

ここで、 τ_b/τ_{b0} は付着強度比、 C は鉄筋の質量減少率(%)である。

4. 解析結果および考察

鉄筋の質量減少量を0%, 10%および30%とした解析によって得られた荷重-変位関係を図7に、降伏荷重時のひび割れ状況を図8に示す。図7より、鉄筋の腐食減少量の増加に伴い、鉄筋の降伏荷重や中央変位200mmでの荷重が小さくなることがわかった。また、図8より、質量減少量の増加に伴い図6に示したように付着強度が低下するため、ひび割れの分散性が若干悪くなることがわかった。

本解析で対象とした軌道スラブは、引張低鉄筋比が0.43%で、高さが160mmであることから、一般的なコンクリート構造物の梁に比べると曲げ剛性が低い。そのため、鉄筋腐食がひび割れ分散に与える影響はあまり大きくなかったものと考えられる。一方で、鉄筋腐食が降伏耐力や曲げ破壊耐力に大きな影響を与える可能性があることがわかった。

5. おわりに

軌道スラブに対する剛体ばねモデルを用いた解析により、鉄筋の腐食によって耐力が低下することを確認した。内在塩化物イオンによる腐食が懸念される軌道スラブの敷設枚数が非常に多いことを考慮すると、これらの軌道スラブの補修・交換基準を作成するにあたり、鉄筋の腐食が与える影響をより正確に評価する必要がある。今後、腐食ひび割れが与える影響や腐食のばらつきが与える影響に対する検討を進めるとともに、鉄筋の腐食速度に対する検討も進める予定でいる。

参考文献：1) Kawai,T.: New element models in discrete structural analysis, *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 141, 187-193,1977.

2) Saito,S. and Hikosaka, H.: Numerical analysis of reinforced concrete structures using spring network model, *Proceedings of JSCE*, 627, 289-303,1999.

3) 斎藤成彦,高橋良輔,檜貝勇:鉄筋の腐食分布がRCはり部材の曲げ耐荷性状に及ぼす影響,土木学会論文集, No.4/V-64, pp601-611,2008.

4) 島弘,周礼良,岡村甫:マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係,土木学会論文集第387号,土木学会, pp165-174,1987.

5) 菅満宣,中村光,檜貝勇,斎藤成彦:RCはりの力学的挙動に及ぼす付着特性の影響,コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, pp295-300,2001.

6) 日本コンクリート工学協会:コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書.1998.

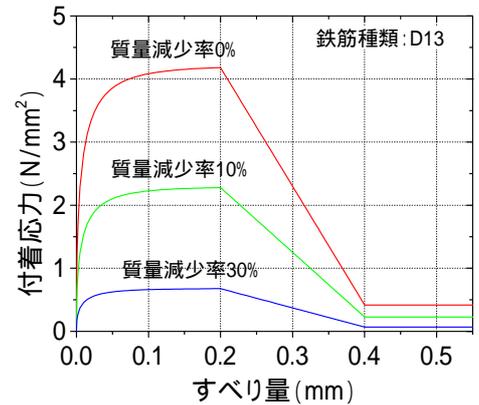


図6 付着応力-すべり関係

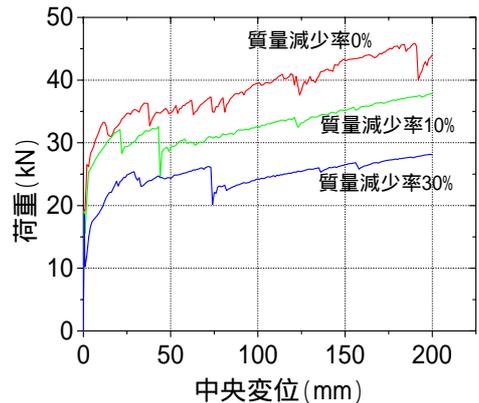


図7 荷重-中央変位関係

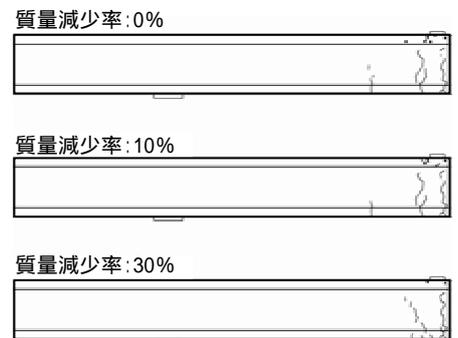


図8 ひび割れ状況