

超高強度繊維補強コンクリートを使用したまくらぎの基本性能

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○前田昌克 正会員 可知 隆 フェロー 関 雅樹
大成建設(株) 正会員 趙 唯堅 正会員 小尾博俊

1. はじめに

最近では保守省力化の観点から、新幹線軌道にはスラブ軌道が採用されている。一方、バラスト区間の既設新幹線では、PC まくらぎが開業以来更換されず使われており、将来経年劣化による更換が予想される。この場合、スラブ軌道と比較しても利点のある高性能な新規まくらぎの導入が望まれた。

本研究では、枠型の形状のまくらぎ(図-1:以下枠型まくらぎと称す)を基本仕様とすることから開発に着手した。枠型まくらぎの利点は、レール直下の縦剛性向上によるレールの沈下抑制、道床横抵抗力の増大、ならびにマルチプルタイタンパー(MTT)による軌道保守作業が可能であることにより更換作業後の無徐行が可能であることが考えられる。本研究では、超高強度繊維補強コンクリート(以下UFCと称す)を使用して軽量化し、かつ軌道沈下の低減効果がある枠型まくらぎの構造について検討した。

2. 枠型まくらぎの構造解析

断面を縮小した枠型まくらぎ(370kg 質量)が従来の4T まくらぎの耐力のJIS規格を満足していることは文献1)で確認されている。

本研究では、輪重载荷による軌道の変位が、従来の4T まくらぎと比較して小さくなる枠型まくらぎの形状検討を行った。検討では、一時的に仮決めた枠型まくらぎをソリッド要素、バラスト支持を分布ばね要素で図-2 のとおりモデル化し、全体系の3次元FEM解析により発生するレール変位、まくらぎ接地圧を直接求めることにした。まくらぎの接地圧を低減するには、まくらぎの道床接地面積の増加が必要となる。まくらぎの質量を大きく増加させないため、UFC の長所を活かし

て図-1 のとおりまくらぎの下部に側方に向かって張り出す断面形状とした。解析においては、枠型まくらぎの形状を変更しながら繰返し解析をしている。図-2の解析モデルに輪重160kN 载荷時のFEM解析を行い、現行のまくらぎと軌道変位およびまくらぎの底面接地圧の比較を行なった。FEM解析によるまくらぎ質量別の軌道の最大変位を表-1、レール変位のコンターを図-3 に示す。枠型まくらぎは、4T まくらぎと比較して、接地面積により輪重による軌道の変位を抑えられることを確認した。また、4T まくらぎと枠型まくらぎのまくらぎ底面接地圧のコンターを図-4、5 に示す。4T まくらぎと比較して枠型まくらぎは、接地圧が高い箇所が少ないおよび枠型まくらぎの軌道沈下抑制の有効性を確認した。

枠型まくらぎの詳細な形状・仕様決定のため、枠型まくらぎの応力によるFEM解析を行った。設計荷重は、過去の新幹線の実測値の結果等を考慮して、輪重200kN、横圧90kNとしている。まくらぎの支持状態は、一般のまくらぎの設計に使用される場合、および一部の道床のばね定数低下時等枠型特有の状態を考慮した設定状態としている。以上の条件でまくらぎの形状寸法設定をもとにFEM応力解析を行った。枠型まくらぎに発生する最大主応力は、6.4

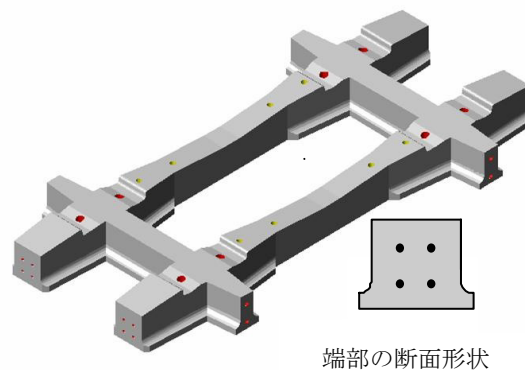


図-1 枠型まくらぎ(質量 450kg)

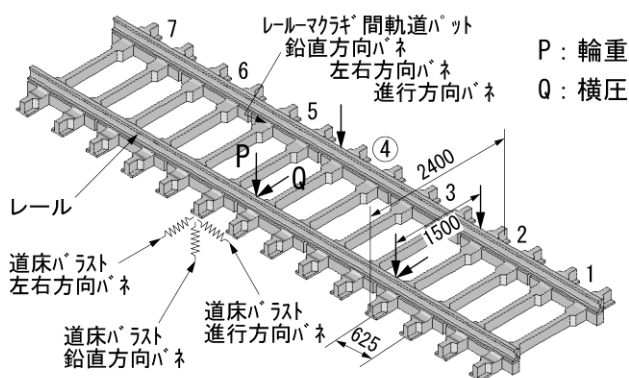


図-2 解析モデル

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート(UFC)、枠型まくらぎ、軌道沈下、曲げ強度

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 JR東海 技術開発部 軌道構造G TEL0568-47-5380

N/mm^2 であり, UFC のひび割れ発生限界 (8 N/mm^2) 以下であった. なお, 解析と同条件の実軌道敷設における輪重載荷試験を行っており, 軌道の変形特性が実験値と解析値ではほぼ一致していることも確認した.

表-1 FEM 解析によるまくらぎの質量別の軌道最大変位 (mm)

まくらぎ種類	レール変位	まくらぎ変位
4T まくらぎ	2.5	1.7
枠型まくらぎ	2.4	1.6

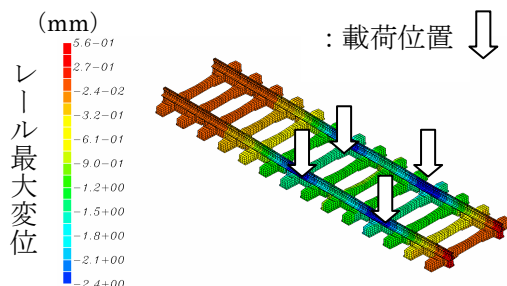


図-3 枠型まくらぎの最大変位コンター図

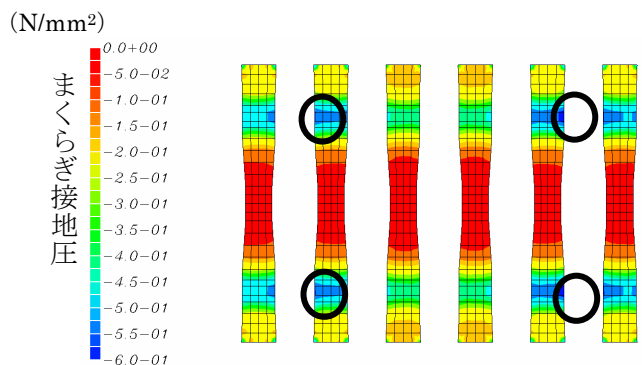


図-4 4T まくらぎ底面の接地圧コンター図

○は載荷位置

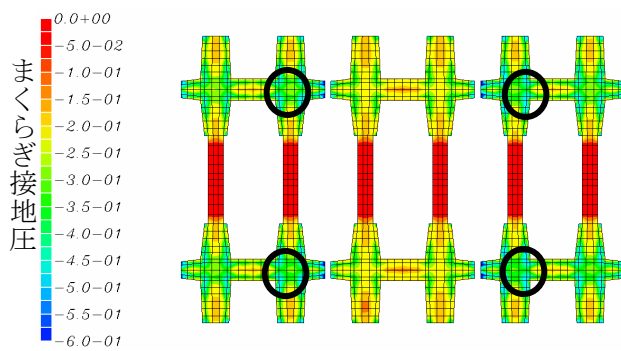


図-5 枠型まくらぎの底面の接地圧コンター図

○は載荷位置

3. 枠型まくらぎの曲げ破壊試験

今回設計した枠型まくらぎの強度特性を確認するため, 質量 450kg 供試体を試作し, 強度確認試験を実施した. 枠型まくらぎは, ポストテンション方式により製作した.

枠型まくらぎの強度確認試験の試験項目の1つとして, JIS E 1202 の載荷方法により曲げ破壊試験を実施した. 1 例として, レール座面位置に載荷時の枠型まくらぎと 4T まくらぎの荷重と変位の関係を図-6 に示す. 枠型まくらぎレール座面部の断面二次モーメントは, 4T まくらぎの約 70% であるが, 4T より高い耐力を有していることを確認した. 枠型まくらぎの曲げ保証荷重および曲げ破壊荷重は 4T まくらぎの JIS 規格に対して 2.34~3.41 倍の強度を有していることを確認した.

4. まとめ

UFC を素材とした枠型まくらぎの開発について, 得られた知見をまとめると以下のとおりである.

- (1) FEM 解析を行った結果, 質量 450kg の枠型まくらぎの軌道沈下量およびまくらぎ底面の接地圧が 4T まくらぎと比較して低減されることを確認した.
- (2) 450kg タイプの枠型まくらぎの曲げ破壊試験を実施した結果, 曲げ強度は JIS 規格の 4T まくらぎの設計強度 (曲げ保証荷重および曲げ破壊荷重) に対して 2.34~3.41 倍の強度を有していることを確認した.

【参考文献】

- 1) 前田昌克, 可知隆, 趙唯堅, 関雅樹: 超高強度繊維補強コンクリートを使用した新型まくらぎの基本性能, コンクリート工学年次論文集 Vol.29, 2007 年 7 月

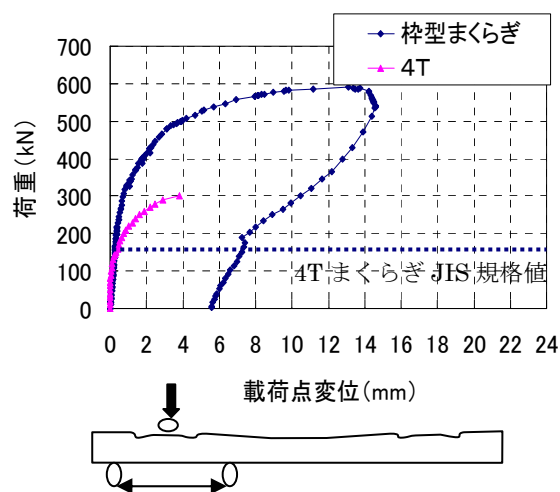


図-6 載荷試験結果の例