

薄型分岐PCまくらぎに対応した分割まくらぎの開発

株式会社レールテック 正会員 ○正木 亮
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 楠田 将之, 青松 功輝

1. はじめに

在来線用のPCまくらぎ分岐器の構造改良として、まくらぎの薄型化および配置間隔の拡大が可能な、薄型分岐PCまくらぎを開発している¹⁾。
今回、まくらぎ交換の作業性の向上を目的に、電気転てつ機が載る分岐PCまくらぎの分割構造(以下、分割まくらぎ)を開発したので、その内容について報告する。

2. 分割まくらぎの構造

分割まくらぎの構造を図1に示す。分割まくらぎは、既開発の構造²⁾に準拠し、電気転てつ機が載る部分をH形鋼³⁾製とし、H形鋼に溶接接合した鋼板と分岐PCまくらぎを4本のボルトで連結する構造とした。使用するH形鋼は、一般流通品であること、分岐PCまくらぎの高さよりも極端に高くないこと、既開発の構造で使用しているH形鋼の断面性能より、著しく低下しないことといった観点から選定した。また、H形鋼に溶接接合した鋼板と分岐PCまくらぎをボルトで連結するために、分岐PCまくらぎの端部付近のまくらぎ上面および側面にそれぞれ2箇所、計4箇所にインサートを設けた。



図1 分割まくらぎ

3. 分割まくらぎの性能確認試験

分割まくらぎの性能確認試験として、組立試験および静的載荷試験を実施した。供試体は、分割まくらぎ1本、分岐PCまくらぎ1本およびボルト4本(平座金およびロックナットワッシャ含む)から構成し、3組分製作した。

(1) 組立試験

a) 試験概要

組立試験は、分岐PCまくらぎを試験架台に強固に固定し、分割まくらぎ組立時のボルト軸力と組立状態を確認した。ボルト組立時は無潤滑とし、緊締トルクは250N・mで、試験ケース数は3とした。組立試験の概略を図2に示す。ボルト軸力は、図で示す第1、第3および第4ボルトを対象に測定した。具体的には、分岐PCまくらぎに設けたインサートに締結した際に、ボルトの第一ねじ谷底となる位置(座面から25mm)に中心を合致させるように貼り付けた、ボル

ト埋込型のひずみゲージ(株共和電業製、KFB-3-C20-11 N5C2)により測定した。なお、ボルトの緊締トルクについては、締付け時の発生軸力が使用するボルト(SUS304、M20、強度区分A2-50)⁴⁾の降伏点の70%程度⁵⁾となるよう、事前に締付け試験を実施したうえで決定した。

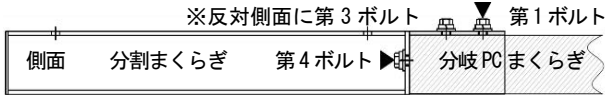


図2 組立試験の概略

b) 試験結果

ボルト軸力の測定結果を表1、ボルトの最小引張荷重および保証荷重⁴⁾を表2に示す。表より、組立時のボルト軸力は、最小引張荷重および保証荷重以下であった。試番3の第1ボルトにおいては、他の測定軸力よりも明らかに低く、別のボルトで測定した場合も同程度の結果が得られたことから、分岐PCまくらぎのインサートが他の箇所と異なる状態であったと推定される。なお、組立後は、いずれもがたつき等はなく、良好な状態であった。

表1 組立時のボルト軸力

試番	ボルト軸力(kN)		
	第1ボルト	第3ボルト	第4ボルト
1	33.1	35.8	28.5
2	30.4	32.6	29.0
3	12.1	28.1	32.9

表2 ボルトの最小引張荷重および保証荷重

最小引張荷重(kN)	保証荷重(kN)
122.5	46.3

(2) 静的載荷試験

a) 試験概要

分割まくらぎの強度確認のため、静的載荷試験を実施した。試験状況の一例を図3に示す。試験は、分岐PCまくらぎを試験架台に強固に固定し、分岐PCまくらぎに分割まくらぎを取り付けた状態で、分割まくらぎの端部の位置で、鉛直下方向、鉛直上方向および水平方向の合計3種類の載荷を実施した。載荷には、各1組の供試体を用い、目標荷重までの載荷から除荷までのサイクルを3回繰り返した。

目標荷重は次の通りとした。鉛直上下方向は、分岐PCまくらぎの設計で用いた弾性床土上の梁理論による有限長の梁

キーワード 分岐器, 薄型分岐PCまくらぎ, 分割まくらぎ, H形鋼, 電気転てつ機
連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 (株)レールテック 技術コンサルティング部 TEL 06-6889-2873

の式⁹⁾より、分割まくらぎに発生する最大曲げモーメントを算出し、その曲げモーメントに相当する載荷荷重における測定値で評価することとした。曲げモーメントの算出における荷重条件は、軸重 160kN、横圧（偶発時） 60kN に、それぞれ割増係数（変動係数）および荷重分散係数を考慮した値を用いた。さらに、電気転てつ機（NS 形）の自重も考慮した。上記荷重条件から算出した最大曲げモーメントは 5.5kN・m となり、分割まくらぎの長さが 1.1m で端部への載荷となるため、5kN を目標荷重とした。水平方向は、一般区間の最終道床縦抵抗力を電気転てつ機部分のまくらぎ 1 本あたりの抵抗力に換算し、分割まくらぎ部分に作用する力（5kN）を目標荷重とした。

測定項目および測点数は、1 試番あたりボルトの軸力 3 測点、分割まくらぎの変位 2 測点および分割まくらぎの応力 14 測点とした。ボルトの軸力は、組立試験と同位置で測定した。分割まくらぎの変位は、変位計（株式会社東京測器研究所製、SDP-100C）により、載荷位置の反対側および鋼板部分で測定した。分割まくらぎの応力は、ひずみゲージ（株式会社東京測器研究所製、FLAB-5-11-5LJC および FRA-5-11-5LJB）により測定し、ひずみゲージの貼付け位置は、載荷試験を模擬した有限要素法による線形静解析を実施し、解析結果をもとに、最大応力が発生すると想定される位置とした（図 4）。

b) 試験結果

試験結果を表 3 に示す。表では、試番ごとの最大値を示している。ボルト軸力は、載荷時の変動軸力に組立時の軸力を加算した値である。表より、ボルト軸力の最大は、試番 2 の第 3 ボルトで 48.3kN であり、ボルトの最小引張荷重以下であった。分割まくらぎの発生応力の最大は、試番 2 の測点 14 で 82.1N/mm² であり、分割まくらぎの材質 SS400 材の降

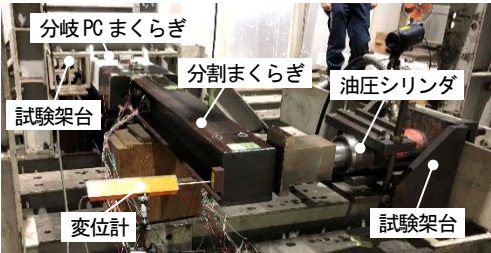


図 3 載荷試験の状況

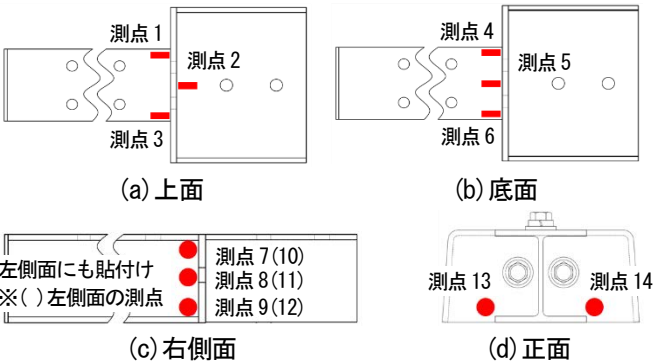


図 4 ひずみゲージの貼り付け位置

表 3 載荷試験の結果

試番	載荷方向	荷重(kN)	ボルト軸力(kN)	分割まくらぎ	
				応力(N/mm ²)	変位(mm)
1	鉛直下	5	36.7 (第 3)	45.8 (測点 2)	5.2
2	鉛直上	5	48.3 (第 3)	82.1 (測点 14)	11.5
3	水平	5	44.5 (第 4)	62.1 (測点 8)	7.6

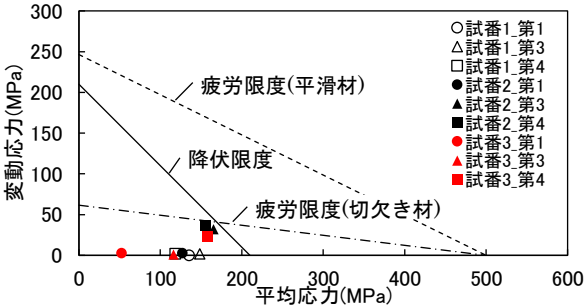


図 5 ボルトの疲労照査

伏点強度 235 N/mm²²⁷⁾に安全率 1.5 を考慮した、長期許容応力度 156 N/mm² 以下であった。また、変位も試番 2 で最大であった。ボルトの疲労強度について、ボルトの材質 SUS304 の疲労強度^{4) 8) 9)}を用いた耐久限度線図により照査した結果を図 5 に示す。図より、各試番の各測点ともに、降伏限度・疲労限度内に収まっており、照査を満足する結果となった。

4. おわりに

今回、電気転てつ機を搭載する分岐 PC まくらぎ交換の作業性向上を目的として、分割まくらぎ構造を検討し、性能確認試験により、性能上問題がないことを確認した。今後は、敷設工事における施工性の確認および列車通過時に生じる応力等の確認を目的に、営業線への試験敷設を実施する予定である。最後に、本開発にあたりご協力いただいた大和軌道製造株式会社の関係各位に謝意を表する。

参考文献

1) 正木亮他：在来線用薄型分岐 PC まくらぎの開発，鉄道工学シンポジウム論文集，第 26 号，pp.217-224，2022
2) 住吉賢治他：分岐器全体 PC まくらぎ化に関する技術開発，鉄道力学論文集，第 11 巻，pp.45-50，2007
3) 一般財団法人日本規格協会：JIS G 3192，熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量及びその許容差，2021
4) 一般財団法人日本規格協会：JIS B 1054，耐食ステンレス鋼製締結用部材の機械的性質，2013
5) 光永公一：ねじの締付けとゆるみ，精密機械，第 40 巻，第 6 号，1974.6
6) 土木学会：構造力学公式集(昭和 61 年)，丸善，pp.173-180，1997
7) 一般財団法人日本規格協会：JIS G 3101，一般構造用圧延鋼材，2017
8) 戸根恵郎他：各種環境下におけるオーステナイト系ステンレス鋼の疲労強度，材料，第 34 巻，第 382 号，1985.7
9) 遠藤寿基他：SUS304 ステンレス切欠き材のクリープ強化について，自動車整備技術に関する研究報告誌，第 20 号，pp.74-80，1991.11