

急曲線部における線ばね形レール締結装置の適用について

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○野本 耕一
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 熊倉 孝雄
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 石井 秀明
 (財) 鉄道総合技術研究所 若月 修

1. はじめに

線ばね系レール締結装置に関して、クリップの締結力(押しえ力・ふく進抵抗)に関する指標は明らかになっているが、曲線半径に対応した指標は明らかになっていない。近年、概ね曲線半径 300m 未満の急曲線区間でクリップの折損が報告されており、急曲線での使用に対し、より発生応力が抑制できる PR タイプのクリップの適用について検討することとした。

2. 急曲線区間における折損対策用の線ばねクリップの性能確認試験

現在、曲線半径 300m 未満のタイププレート式締結装置では e2009 クリップを使用しているが、その代替として現行と同じタイププレートとインシュレーターが使用できる PR447A と PR601A クリップの適用に向けて確認試験を実施した。

2.1 室内性能評価試験

各クリップについて「先端ばね定数試験」「鉛直ばね定数試験」「斜角載荷試験」「2 軸疲労試験」を行った。図 1 に斜角載荷試験の概況を示す。試験は試験用レール金型の頭部側面に軌間内側と外側より設計荷重の A 荷重と B 荷重を載荷する。その時の荷重に対する供試締結装置のレール頭部、底部の変位とばねクリップの応力を測定し、レールの小返り角を求める。応力測定箇所を図 2 に示す。2 軸疲労試験は、斜角載荷試験と同じ荷重の動的載荷に対する耐久性を確認するための試験である。試験は斜角載荷試験に引続き、100 万回の動的繰返し載荷を行った。



図 1 斜角載荷試験 (PR447)

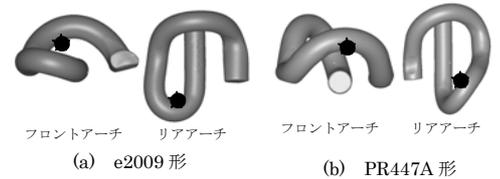


図 2 各クリップの応力測定箇所

表 1 各クリップの室内試験結果

	単位	e2009	PR601A	PR447A
公称締結力	kN/個	12	9	7
実測締結力	kN/個	12.0	10.1	7.1
先端ばね定数	MN/m	0.49	0.68	0.99
鉛直ばね定数	MN/m	44.5	48.5	51.8
横方向ばね定数	MN/m	62.8	62.8	62.8
レール頭部左右変位	判定→	○	○	○
レール底部小返り変位	判定→	○	○	○
レール底部小返り角	判定→	○	○	○
2軸疲労試験	判定→	○100万回	○100万回	○100万回

2.2 室内試験結果

表 1 にそれぞれのクリップの諸元および試験結果を示す。各試験の結果、PR447A および PR601A クリップは設計荷重の A 荷重および B 荷重に対してレール頭部左右変位および小返り角が許容値以内であり、さらに発生応力については、ばね鋼の耐久限度線図で照査した結果、第 2 破壊限度以内にあることから、営業線使用に問題がないことを確認した。また、2 軸疲労試験においては、100 万回の動的繰返し載荷を実施した結果、クリップの折損等の不具合はなく目標の 100 万回を終了した。

2.3 繰返し着脱試験

クリップの繰返し締結および緩解によるレール押しえ力の低下の確認を目的とし、PR447A および e2009 クリップについて、7 回の着脱を繰返し、各回数における締結時のレール押しえ力を測定した。レール押しえ力の低下は、PR447A は 1 回目が 6.5kN に対して、4 回目は 6.0kN となり、約 7%程度の低下、e2009 は、1 回目が 12.8kN に対して、3 回目が 12.1kN となり約 6%程度の低下であった。レール押しえ力は、それぞれ 3 回目の着脱まで徐々に低下するが、4 回目以降はほぼ一定の値となった。

2.4 試験結果

各試験の結果、発生応力および耐久性に問題はなく、PR447A および PR601A クリップをタイププレート式締結装置に適用可能である。

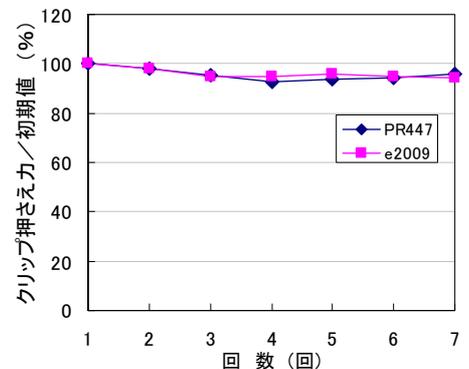


図 3 繰返し着脱試験結果

線ばね形レール締結装置、急曲線、性能確認試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道構造 TEL 042-573-7275

3. 現地敷設試験

3.1 現地試験敷設概況

曲線半径 300mの電車線区間で、各種線ばねクリップ (e2009、PR447A、PR601A) の挙動を確認するため、まくらぎ 10 本分 40 個を交換し、輪重・横圧、および線ばねクリップ発生応力の測定を行い、種別の優位性を確認することを目的とした。図 4 に試験クリップの敷設概況を示す。

3.2 試験敷設結果

全軸データによる各種線ばねクリップの外軌外側フロントアーチおよびリアアーチ部の応力と横圧との関係を図5に示す。線ばねクリップ応力（フロントアーチ部）については、前軸と後軸のデータがほぼ一直線に並び、横圧との相関が非常に高い。一方、線ばねクリップ応力（リアアーチ部）は、すべてのクリップで横圧との相関は認められず、変動応力も小さい値であった。クリップ種別で見ると e2009 クリップの発生応力は横圧との関係で直線的に増加しているのに対し、PR447A クリップは、横圧が 30~35kN 程度の所での発生応力が 130~140MPa 程度で頭打ちになる傾向が見られる。この現象はクリップ形状に起因するものと考えられることから、さらに室内試験等で検証する必要がある。PR447A クリップの発生応力は、e2009 クリップの約 60%程度であり、PR601A クリップでは 75%程度である。

また、クリップの応力の測定結果について、ひずみ値によるばね鋼の耐久限度線図を用いて照査した結果を図 6 に示す。図は PR447A クリップの測定結果である。ひずみ値による耐久限度線図は、従来の応力で表現されている耐久限度線図をひずみに換算して表現したものであり、クリップ表層が塑性変形し、セッチングと同様な加工硬化により比例限度が上昇した実比例限度を事前のばね定数試験にて設定し、弾性限度を超えたばね鋼部材の評価方法として用いた。その結果、PR447A および PR601A クリップについては、第 1 破壊限度および降伏限度内であった。

3.3 考察

現地測定試験のばねクリップ応力について線ばねクリップ種別の優位性を評価すると PR447A、PR601A、e2009 の順になり、PR447A クリップの変動応力は、e2009 クリップの約 60%程度である。実測値をひずみ値による耐久限度線図により照査すると、PR447A は第 1 破壊限度および降伏限度内であり、耐久性に関しては問題ない。以上の結果から、急曲線におけるクリップ折損対策について適用クリップの優位性および初期コストを考えると、PR447A クリップが望ましいと考える。

4. おわりに

性能確認試験および現地敷設試験の結果、PR447A クリップはレール締結装置としての機能、耐久性に問題はない。PR447A は、クリップの断面の直径は e2009 と同じ 20mm だが、クリップの先端ではなく湾曲部でレールを押しやる形状であり、締結時の大きな応力を抑制できる構造となっている。また、第 2 破壊限度に対して変動ひずみに余裕があり、現行のクリップで折損が報告されている、概ね曲線半径 300m 未満の急曲線区間において、十分な耐久性を有するものとする。



図 4 試験クリップ

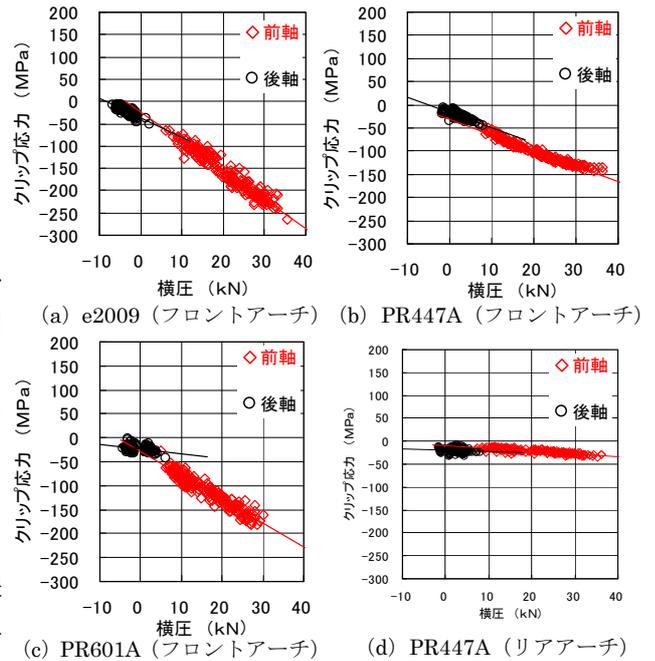


図 5 横圧とばねクリップ応力の測定結果

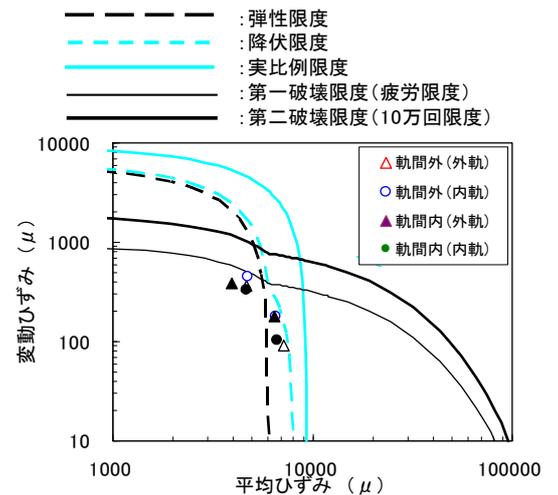


図 6 ひずみ値による耐久限度線図