

## 直線区間のレール損傷箇所通過時の衝撃荷重がレール締結装置の耐久性に与える影響評価

鉄道総合技術研究所 正会員 ○ 瀬 智也  
 鉄道総合技術研究所 正会員 西宮 裕騎  
 鉄道総合技術研究所 正会員 塩田 勝利  
 鉄道総合技術研究所 正会員 安田 新太郎

## 1. はじめに

無線式列車制御システムの導入により、将来的に軌道回路が撤去された場合、軌道回路によるレール損傷検知はできなくなる。軌道回路に代わる車上からのレール損傷検知方法<sup>1)</sup>等の研究開発が進められているが、軌道回路のように常時監視可能な手法ではないため、検知に至るまでの一定期間、レール損傷箇所を車両が通過することが考えられる。そのため、損傷箇所を繰り返し走行する際の軌道部材の耐久性を確認する必要がある。これまでの研究において、損傷箇所通過時の衝撃荷重を模擬した繰り返し重錘落下試験により、損傷箇所のレールの耐久性を明らかにした<sup>2)</sup>。本研究では、損傷箇所の繰り返し通過時の軌道部材の耐久性に関するさらなる検討として、直線区間のレール締結装置に着目し、繰り返し重錘落下試験によりその耐久性を確認した。

## 2. 繰り返し重錘落下試験

## 2.1 試験概要

図1に重錘落下試験装置の外観を、表1に供試体の軌道部材を示す。本試験は、重錘を設定した高さまで上昇させ、開口部（南側レールと右側レールの間隔）を設けたレールに落下させる。レールへの接触部は車輪径を模擬した接触子を用い、載荷荷重はロードセルにより測定した。載荷荷重は重錘重量と落下高さにより調整した。ここで、繰り返し載荷によりレールに塑性変形が生じレールの角が潰れると、応力集中が緩和され載荷荷重が減少すると考えられるが、載荷荷重を随時調整することは困難であるため、重錘重量と落下高さは変更せず試験を実施した。確認項目は、レール締結装置の締結状態と塑性変形量、レール押え力（先端ばね定数試験により算出）とした。

## 2.2 試験条件

本試験は、レールが片持ち梁のようになることで、レール締結装置に対し衝撃荷重による負荷が大きい条件となるよう、図2に示すようにレールの損傷が去り側レール付近で発生した場合を想定した。開口部はレール破断時開口量の限度値である70mmとし、開口部の中心を重錘の落下位置とした。しかし、図2に示す配置状態で実施すると、受け側レールと去り側レールで剛性が異なるため、レールに衝撃した重錘が偏心し、試験機の破損につながる恐れが考えられた。そのため、本試験では図3に示すように、開口部中心を対称面とし、受け側レールを左右対称となるよう供試体を設置した。

載荷荷重は、スラブ軌道を100km/hで走行する条件を想定して走行解析により算出し、受け側レールに発生する衝撃輪重は100kN、その作用時間は19msecと見積もった。本試験では接触子が2本のレールに衝撃することから、均等に荷重が加わると想定し、受け側レールに発生する衝撃輪重100kN

を2倍した200kNを載荷荷重とした。重錘質量1240kg、落下高さ80mmとすることで目標とする載荷荷重になることを確認した。最大載荷回数は、基幹線区の線路点検周期の7日を想定して10万回とした。図4に試験時の荷重

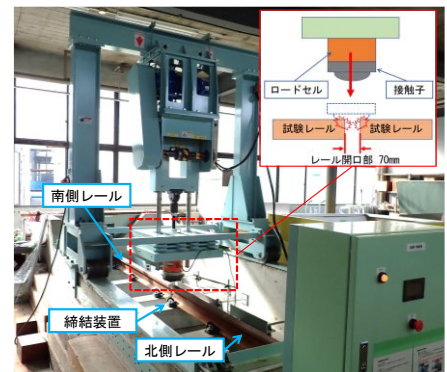


図1 重錘落下試験装置

表1 供試体

軌道部材	種別
レール	JIS 50kgN レール
PC まくらぎ	P3TS5(半まくらぎ)
レール締結装置	e2009 形
軌道パッド	PND 用 (ばね定数:110MN/m)

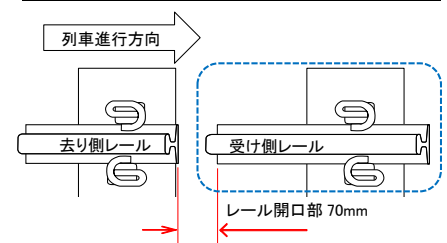


図2 想定した条件

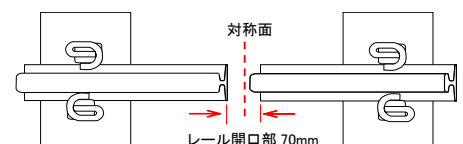


図3 試験の供試体配置

キーワード 重錘落下試験, レール損傷, レール締結装置

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 軌道構造 TEL. 042-573-7275

を示す。荷重の時刻歴波形を確認すると、载荷1回に対して繰り返し衝撃が発生していることがわかる。これは、レールがまくらぎから張り出しているような状況となっており、衝撃時にレールがたわむことで再度重錘が跳ね上げられ、その影響により衝撃数が増えているものと考えられる。また、衝撃荷重については1撃目の目標荷重のほか、2撃目の衝撃荷重も80kN程度と目標荷重の8割程度発生していることから、本試験では2撃目の衝撃荷重も载荷数としてカウントすることとした。

### 2.3 試験結果

試験の結果、10万回の衝撃载荷終了後に、レール締結装置のクリップおよびインシュレーターに損傷、脱落は確認されなかった。

図5に10万回の衝撃载荷終了後のクリップの外観を示す。試験終了後にまくらぎから取り外したクリップの寸法測定をしたところ、高さ（水平面に置いた時の鉛直方向）寸法が未使用品に対し1.6mm塑性変形していることを確認した。ここで、クリップの脱着による塑性変形量を確認するため、未使用品8個に対し、3回脱着後に寸法測定をしたところ、平均で0.7mm変形していることを確認した。

図6に先端ばね定数試験の実施状況、表2に試験後の部材を用いた先端ばね試験結果を示す。レール開口部直近の南側レール締結装置、北側レール締結装置について、先端ばね定数試験から10万回の衝撃载荷終了後のレール押え力を確認したところ、締結装置1個あたりのレール押え力の平均値は10.8kNであった。

## 3. 試験結果の考察

### 3.1 締結装置の塑性変形

クリップの塑性変形は、レールが片持ち梁のようにになっている箇所へ衝撃荷重が加わることで、クリップに鉛直上向きの開口する力が加わったため、塑性変形に至ったものと考えられる。

### 3.2 レール押え力

前述した塑性変形に対し、先端ばね試験の結果から重錘落下試験後の締結装置1個あたりのレール押え力は10.8kNであり、公称値12.0kNに対し10%低下していることを確認した。なお、過去にレール押え力を9.3kNに低下させた条件で、2軸疲労試験を実施し、100万回の载荷後に異常がないことを確認している。本試験で使用した締結装置(e2009形)は、バラスト軌道を成立させるために必要なレール押え力やふく進抵抗力に対して2倍以上の性能を有していることから、10%程度の押え力低下は締結装置の要求性能に対して軽微な減少であると考えられる。以上により、本試験によるレール押え力の低下量は小さく、十分供用可能であると考えられる。

## 4. まとめ

本研究では、レール損傷部への繰り返し载荷時におけるレール締結装置の耐久性を把握するため、重錘落下試験によりレール締結装置の締結状態と塑性変形量、レール押え力を確認した。試験の結果、10万回の衝撃载荷終了後にレール締結装置のクリップが一部塑性変形し、押さえ力が公称値に比べ約10%低下する結果となったが、損傷や脱落等はみられず、本研究で想定した範囲の条件下において、本締結装置(e2009形)は十分供用可能であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 細田ほか：軌道回路に代わる車上式レール破断検知システム,鉄道総研報告,Vol.36,No.3,PP.17-22,2022
- 2) 中野ほか：繰り返し重錘落下試験によるレール頭頂面端部の塑性変形進みの評価,土木学会全国大会第76回学術講演会,VI-317

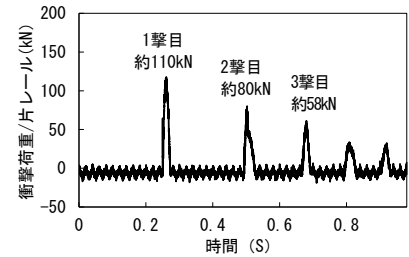


図4 試験時荷重

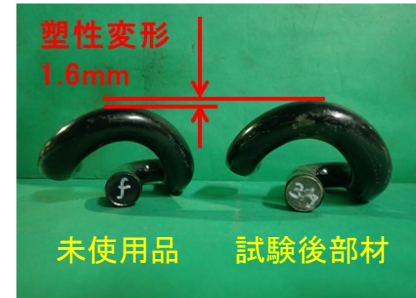


図5 クリップの塑性変形



図6 先端ばね定数試験実施状況

表2 先端ばね試験結果

载荷 サイクル	レール押え力 (kN)	
	開口部北側	開口部南側
1回目	10.7	11.1
2回目	10.6	11.0
3回目	10.6	11.0
1~3回平均	10.6	11.0
南北平均	10.8	