

レール破断箇所の繰り返し通過を想定した重錘落下試験装置の製作

鉄道総合技術研究所 正会員 ○安田新太郎
 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 西宮 裕騎
 鉄道総合技術研究所 正会員 中野 哲弥

1. はじめに

現在、レールの破断検知は軌道回路により行われているが、無線式列車制御システムの開発、導入により将来的に軌道回路が撤去された場合にレールの破断検知ができなくなる可能性がある。それにより、軌道回路によらない破断検知方法が検討されているが、常時監視できる軌道回路とは異なり、一定期間の車両の繰り返し走行が生じることが考えられる。そこで、レールの破断箇所を車両が繰り返し通過することを想定した場合の軌道部材の耐久性について明らかにする必要があるが、その評価方法は確立されていない。そのため、筆者らは、先行研究¹⁾を踏まえ、耐久性評価を重錘による繰り返し衝撃载荷によって実施することとし、その衝撃载荷を可能とする重錘落下試験装置を新規製作したので報告する。

2. 試験装置の仕様検討

2.1 試験装置のコンセプト

図1に示すようにレール破断箇所を想定した開口部に対し、車輪形状を模した接触子を備える重錘を繰り返し自由落下させることで、レール破断箇所を車両が通過する際の衝撃を模擬できる試験装置を製作することとした。

2.2 条件算定

レール破断箇所を車両が走行する際の衝撃荷重を、走行解析モデルを用いて算定した¹⁾。なお、解析は在来線旅客車両を対象に、開口量70mmのレール破断箇所を100km/hで通過した場合を想定した。算定結果を図2に示す。これより、乗り移り時にレール破断箇所作用する衝撃荷重は170kNで、その際の作用時間は8msecであることがわかった。本試験装置では、重錘落下時の挙動を安定させるため、開口部を模擬する2本のレールに均等に衝撃を与えることを想定していることから、必要となる衝撃荷重は340kNとした。

2.3 構造検討

(a) 落下高さおよび载荷重量

前節にて必要となる衝撃荷重が340kNであることを算定したが、この衝撃荷重を再現する落下高さおよび载荷重量が不明であることから、事前検討を行った。

事前検討には類似構造の最大载荷重量1000kg、最大落下高さ34mmの重錘落下試験装置を用いて、落下高さおよび载荷重量を変えた場合の衝撃荷重を確認した。なお、供試体はコンクリート床上に厚さ4mmの鋼板、PCまくらぎ(P3TS5半まくらぎ)、軌道パッド(PND用)の順に敷設し70mmの開口部を設けた50kgNレールを線ばね(e2009形)で締結したものを使用した。図3に载荷重量と衝撃荷重の検討結果を、図4に落下高さと衝撃荷重の検討結果を示す。検討の結果、目標とする340kNの衝撃荷重を発生させるためには、落下高さ25mmの場合、载荷重量は約1900kg必要であり、载荷重量750kgの場合、落下高さが約73mm必要であることが推定された。この検討結果を踏まえ、試験装置製作において载荷重量を増加させる場合は動力源の容量増加や試験機サイズが巨大化すると想定したため、落下高

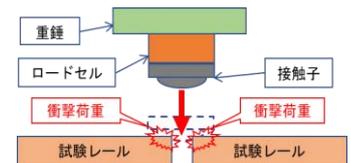


図1 試験装置コンセプト

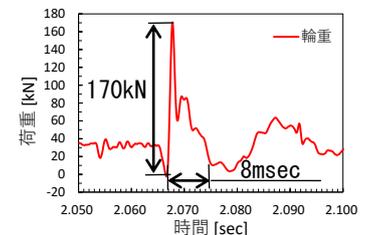


図2 走行解析結果

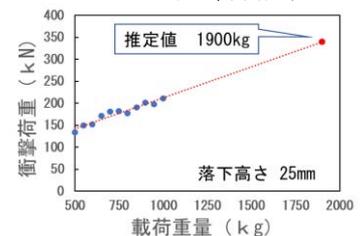


図3 载荷重量と衝撃荷重

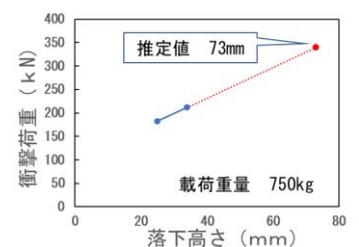


図4 落下高さと衝撃荷重

キーワード レール損傷、衝撃荷重、試験装置

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 TEL 042-573-7275

さを確保する方が現実的であると判断し、試験装置の設計仕様は、荷重重量 1200kg 程度、落下高さ最大 80mm とし、各項目調整可能なものとした。

(b) 荷重速度

繰り返し荷重回数は 10 万回を目標とし、本試験における荷重重量の繰り返し落下を可能な限り速い速度で安定して実施するため、最大荷重速度を 2.5 秒/回にした。

(c) 重錘の挙動安定機構

レール開口部に重錘を自由落下させるため、試験装置の挙動が安定しない場合に接触子の着地位置が変化することが考えられ、衝撃荷重のばらつきや試験装置への負荷が懸念される。そのため、接触子の姿勢と荷重の着地位置への再現性が重要であると考え、継続して重錘の挙動を安定させる機構を備えることにした。

3. 試験装置の製作

2 章までの検討内容を踏まえ試験装置を製作した。図 5 に試験装置駆動部構造を、図 6 に試験装置外観を、表 1 に装置諸元を示す。

3.1 落下高さおよび荷重重量

落下高さや荷重重量の変更を容易にするため、図 5 に示すように重錘はカムで落下高さまで持ち上げ、カムが当板から外れることで重錘が自由落下する構造とした。落下高さは当板の厚みと上のスペーサーを枚数の組合せで調整可能とし、荷重重量は重錘上に 50 kg の調整ウエイトを最大 12 枚積み上げて、調整可能な構造とした。

3.2 荷重速度

最大荷重速度 2.5 秒/回では荷重時の重錘の揺れが収まる前に次の荷重に移り重錘の着地位置に乱れが生じる懸念がある。そのため、インバーターモーターを採用し荷重速度を任意に変更可能なものとした。

3.3 重錘の挙動安定構造

重錘落下時の挙動を安定させることを目的とし、重錘落下部は 2 本のガイドバーを摺動する構造として、鉛直方向以外の動きを規制した。

4. 試験装置の性能検証

2.3 節で示した供試体に対し、重錘の落下高さおよび荷重重量を調整し検証試験を実施した。検証項目は衝撃荷重とその作用時間とし、目標とする条件との比較を行った。なお、荷重速度は 2.5 秒/回とした。検証結果を図 7、表 2 に示す。検証試験の結果、荷重重量 890kg、落下高さ 75mm の条件で衝撃荷重 346kN、その作用時間は 9msec であり、目標とする衝撃荷重に対し、+2% の衝撃荷重まで調整することが可能な結果が得られた。また、同条件にて 10 回の連続運転を実施した結果、衝撃荷重は 340kN に対して +1~+3% の範囲に入ったため、ガイドバーによる重錘の挙動安定効果があることを確認した。

5. おわりに

本稿では、レール開口部への車両通過時の衝撃荷重を繰り返し模擬できる重錘落下試験装置を製作した。性能検証の結果、目標に対し +2% の誤差で衝撃荷重を発生させることが可能であった。今後は本試験装置で、レール開口部の繰り返し通過を想定した軌道部材の耐久性評価試験を実施していく予定である。

参考文献

1) 浦川他：繰り返し重錘落下試験による開口部のレール塑性変形進み特性の把握、第 25 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 2018

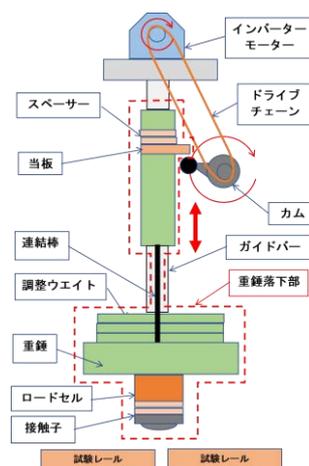


図 5 試験装置駆動部構造



図 6 重錘落下試験装置

表 1 装置諸元

諸元	数値及び詳細
駆動源	インバーターモーター
駆動方式	カム方式
荷重測定方法	ロードセル
運転方式	単動/自動
操作方式	手元操作機/制御盤
荷重重量 (kg)	640~1240
落下高さ (mm)	25~80
荷重速度 (秒/回)	2.5~12.5

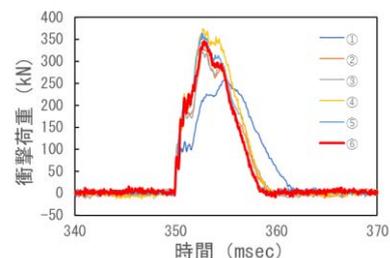


図 7 衝撃荷重と荷重時間

表 2 検証条件と衝撃荷重

試番	荷重重量 (kg)	落下高さ (mm)	衝撃荷重 (kN)	作用時間 (msec)
①	990	61	257	12
②	990	66	327	9
③	1040	66	322	10
④	1040	75	374	9
⑤	940	75	365	9
⑥	890	75	346	9