

D 型弾直軌道の 50kgN レール用締結装置の開発

○(財)鉄道総合技術研究所 正会員 田淵 剛
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 阿部則次
 (財)鉄道総合技術研究所 若月 修

1. はじめに

新設線用環境対策軌道として 1996 年に開発した D 型弾性まくらぎ直結軌道¹⁾ (以下、「D 型弾直軌道」と称する。) は、騒音・振動の低減に加え、弾性材の更換が容易に行えるという特徴を有しており、都市部の新設および線増区間で適用例が増加している。これまで D 型弾直軌道には、60kg レール用締結装置しかなかったが、今回、50kgN レール用締結装置を開発した。

2. レール締結装置の設計

2.1 レール締結装置の概要

本レール締結装置の概要を表 1 に示す。

表 1 レール締結装置の概要

項目	特徴
板ばね形状	① 特殊形レール締結装置(50kgN 用)を参考 ② 2重ばね方式 ③ 所定締結力時に上下ばね先端が接触 ④ 下ばねのボルト穴形状を長円形
締結ボルト形状	2重ねじボルト ・埋込栓部：9mm ピッチ ・ナット部：M24 で 2.5mm ピッチ
軌道パッド	直結 8 型用レール締結装置の 50kgN 用と同等
調整量	特殊形レール締結装置と同等

2.2 荷重条件と設計条件

本締結装置は在来線において使用するため、荷重条件として、列車荷重を軸重 150kN²⁾とし、設計条件を表 2 に示す。

表 2 設計条件

項目	条件
まくらぎ	特殊区間用
レール	50kgN レール
締結間隔(mm)	700
軌道パッド	70MN/m (鋼板付)
レール押え力(kN)	3.5
ふく進抵抗	5kN/m (1 レール)
調整量(mm)	上下 0, +23、左右 -4, +8

2.3 設計計算および諸元

板ばねの断面を表 3 に示す 4 ケースとし、図 1 のモ

デルによりひずみエネルギー法を用いて、先端ばね定数と横ばね定数を計算した。その結果を表 3 に示す。

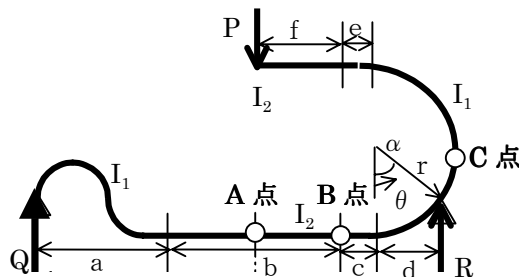


図 1 先端ばね定数のモデル

さらに、このばね定数とレール挙動理論解析結果に基づき、図 1 に示す A～C 点の板ばね発生応力を求め、耐久限度線図により照査した結果を図 2 に示す。

その結果、A 点～C 点までの発生応力が第 2 破壊限度内と第 2 へたり限度内であるケース 3 の断面形状とした。

表 3 ばね定数の算出結果

ケース	板ばねの断面 (mm)		先端ばね定数 (MN/m)		横ばね定数 (MN/m)
	幅	厚さ	K ₂	K ₃	K _n
1	80	7	0.35	1.64	29.5
2	80	9	0.74	3.48	45.4
3	90	7	0.40	1.86	32.5
4	90	9	0.84	3.96	49.3

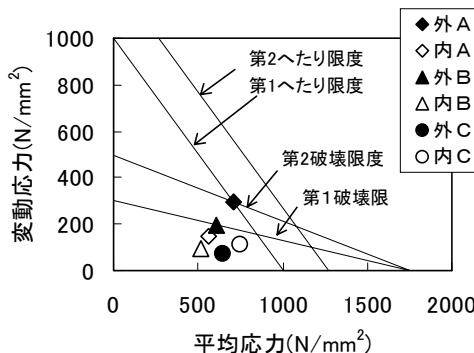


図 2 板ばね発生応力の耐久限度線図

3. 性能確認試験

キーワード：D 型弾直軌道、レール締結装置

連絡先：東京都国分寺市光町 2-8-38(財)鉄道総研軌道構造 (TEL) 042-573-7275 (FAX) 042-573-7432

3.1 試験概要

設計したD型弾直軌道の 50kgN レール用締結装置について、その性能を確認するため、以下の試験を実施した。

3.1 組立試験

組立試験でトルク 100N・mまで緊締した結果、緊締トルク 40N・m 付近で上下ばねの先端が接触した。この時点のボルト軸力は軌間内外の平均で 9.8kN、ナット回転角は 6.8/6 回転であった。

3.2 ふく進抵抗試験

表 4 に示すように、緊締トルクとふく進抵抗力の関係を求めた結果、40N・m の時に目標のふく進抵抗力が得られ、これを標準緊締トルクとした。

表 4 ふく進抵抗試験結果 表 5 ばね定数試験結果

緊締トルク (N・m)	ふく進抵抗力 (kN)
30	2.9
40	3.5
50	5.1

項目	ばね定数 (MN/m)	
鉛直ばね	K_1	63.4
先端ばね	K_2	0.42
	K_3	1.58
横方向ばね	K_h	20.6

3.3 ばね定数試験

標準緊締トルクを 40N・m として実施したばね定数試験結果を表 5 に示す。なお、レール押え力は 3.86kN であった。

3.4 斜角载荷試験

図 3 と表 6 に示す試験方法と荷重条件により、実施した本試験の結果を図 4 に

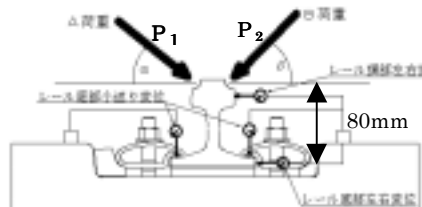


図 3 斜角载荷試験方法

示す。この結果、レール小返り量と底部左右変位を加えたレール頭部の左右変位は±3.2mm であり、

表 6 斜角载荷試験の荷重条件

荷重種別	レール圧力 (kN)	レール横圧力 (kN)	P_{1max} (kN)	P_{2max} (kN)	角度 (度)
A 荷重	37.6	36.2	47.6	—	39.4
B 荷重	33.3	18.1	—	36.3	47.9

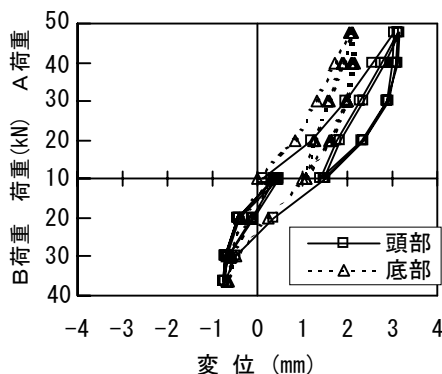


図 4 荷重とレール左右変位

また、耐久限度線図で照査した板ばね発生応力は、第 1 破壊限度内と第 1 へたり限度内であり、問題がないことを確認した。

3.5 2 軸疲労試験

2 軸疲労試験結果を表 7 に示す。ケース 1 と 2 は、15 万回と 41 万回付近で板ばねの軌間外側下ばねボルト穴隅部から折損した。折損原因として、ボルト穴形状と加工法が考えられた。ケース 1 と 2 は図 5(b)に示すように、ボルト穴形状を角形としていたが、ケース 3 以降は図 5(a)の長円形に変更した。ケース 3 では、目標の 100 万回を終了した。また、ケース 4 では締結間隔を 700mm に拡大したが、40 万回付近で再度、ケース 1、2 と同じ箇所から折損した。そこで、ケース 5 では、穴の加工法を切削加工から打抜加工に変更して実施した結果、各部材とも異常は発生せず、目標の 100 万回を終了した。ケース 5 は確認のため、200 万回まで実施した。また、ケース 6 では、ケース 5 と同条件で六角ボルトの場合について実施し、目標の 100 万回を終了した。

以上より、ボルト穴形状を長円形とし、加工法を打抜加工とすることにより、締結間隔 700mm で耐えられることを確認した。

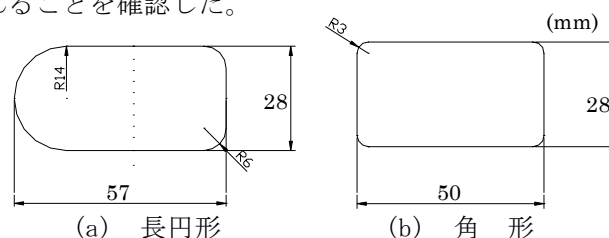


図 5 ボルト穴形状

表 7 2 軸疲労試験結果

ケース	締結間隔 (mm)	ボルト穴		荷重条件(kN)		締結ボルト種別	レール金型高さ (mm)	繰り返し数 (10 ⁵ 回)
		形状	加工法	P_{1max}	P_{2max}			
1	580	角形	切削	39.0	30.5	2重ねじ	100	0.15
2				44.4	33.8		80	0.41
3		長円形	切削	47.6	36.3	80	1.00	
4	700	長円形	切削	47.6	36.3	2重ねじ	80	0.40
5			打抜					2.00
6		六角	打抜	—	—	六角	1.00	

4. まとめ

D 型弾直軌道の 50kgN レール用締結装置を開発し、性能確認試験により実用化できることを確認した。

(参考文献)

- 堀池ら：「D 型弾直軌道の開発」、鉄道総研報告、1998.6
- 宮本、渡辺：「線路」、山海堂、1980.7