

IV-255 東海道新幹線用高速化対応レール締結装置の開発

鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠
 鉄道総合技術研究所 正会員 長藤敬晴
 興和化成株式会社 梅田静也

1. まえがき

新幹線のような高速鉄道においては、従来から高速化による輪重変動の増加が着目されてきた。今後の速度向上の実現にあたっては、この問題の解決が重要であると考えられた。軌道において輪重変動の増加を軽減するためには、レール支持ばね係数を低下させる方法があり、レール締結装置の鉛直ばね定数の低下は有効である。この研究は、東海道新幹線の将来の速度向上に対応した鉛直ばね定数の小さいレール締結装置の開発を目的とした。

2. 開発概要

2.1 開発目的と開発スケジュール

東海道新幹線における230 km/h運転に対し、図1に示す開発スケジュールに従い、安全走行と併せて保守費の軽減も考慮したレール締結装置の開発を進めることとした。

2.2 設計上の基本條件

構造形式を検討する際に、設計上の基本的な制約条件を確認する必要がある。まず、まくらぎは在来のもを用いることとして、軌道パッドの鉛直ばね定数の目標値を輪重変動の観点から求める。

列車走行時の輪重は、その変動分も含め次式で求められる¹⁾。

$$W = w + 5.5 \cdot (A/\pi)^{0.5} \cdot (m_0)^{0.5} \cdot (EI)^{0.125} \cdot (D_1/a)^{0.375} \cdot V \quad (1)$$

ここで、各記号の意味は次のとおりとなる。

W; 列車走行時の輪重, w; 静的輪重, A; 車輪/レール間の凹凸の振幅を表わす係数, m_0 ; ばね下質量(1輪分), EI; レール垂直曲げ剛性
 D_1 ; 動的レール支持ばね係数, a; まくらぎ間隔, V; 走行速度

式(1)よりばね下質量および道床ばね係数を変えず、速度向上により、輪重変動を増大させないとすると、軌道パッドの目標ばね定数は50MN/m程度と考えられる。

3. 室内性能試験

新しい構造形式として102形改良形、緩衝円形ばね形および2重ばね形の3形式を設計・試作し、従来の試験方法により各種性能試験を実施した。各形式およびその歪ゲージ貼付位置を図2に、試験結果を表1に示す。これらをまとめると以下のとおりである。

- (1) 試作軌道パッドの鉛直ばね定数は55~56MN/mであり、目標とした50MN/mより少し大きい値であったが、規格の範囲にあることを確認した。
- (2) 組立試験において、102形改良形のボルト点でのへたりが大きかった。先端ばね定数を小さくしたことから、歪が大きくなったためと考えられる。
- (3) レールふく進抵抗試験において、3形式とも十分なふく進抵抗力を有することを確認した。
- (4) 先端ばね定数は、2重ばね形が他と比較して初期締結力以下の荷重領域に

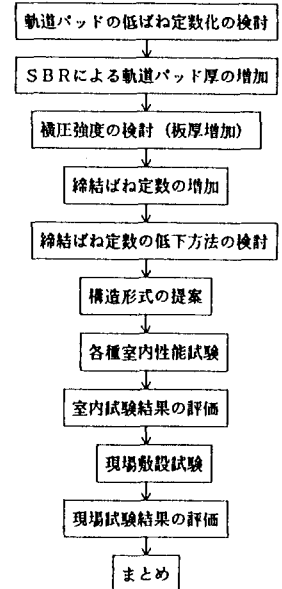
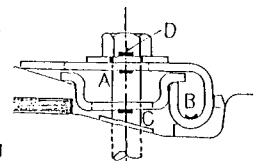
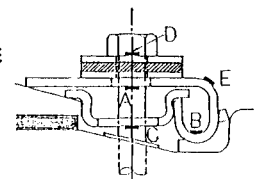


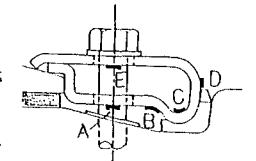
図1 開発スケジュール



(1) 102形改良形



(2) 緩衝円形ばね形



(3) 2重ばね形

図2 歪ゲージ貼付位置

おけるばね定数は小さく、初期締結力以上のばね定数は大きく、最も性能が優れていると考えられる。

- (5) 鉛直ばね定数は、2重ばね形が先端ばね定数の性質から最も大きな値となった。輪重分散という点では鉛直ばね定数は小さい方が望ましいが、この程度の差異は問題にならないと考えられる。

- (6) 横圧試験において、横ばね定数は2重ばね形が他と比較して大きい、板ばねの発生応力およびその残留歪は小さかった。したがって、横圧分散の面では多少不利であるが差し引きの横圧強度は最も大きいと言える。

- (7) 動的繰返し载荷試験結果によれば2重ばね

表1 現用 102形および試作レール締結装置性能試験結果

項目	単位	現用 102形*			102形改良形			緩衝円形ばね形	2重ばね形
輪重	kN	A 104	B 92	C 80	A 111	B 98	C 85	同左	同左
横圧	kN	64	32	16	68	34	17	同左	同左
レール種別									
60									
軌道バッドばね定数	MN/m	9.0			54.9			56.2	56.1
レール押え力	kN	5.0			4.0			5.0	6.5
締結トルク	N・m	125			150			150	125
ボルト回転角	π rad.	2.0/6			1.5/6			1.6/6	3.6/6
先端ばね定数	MN/m	0.5(4.0)*			1.0(1.6)*			0.7(1.3)*	0.4(4.2)*
横ばね定数	MN/m	20.0			20.0			18.8	37.5
レールふく進抵抗力	kN/組	10.0			8.4			9.5	10.0
初期応力	板ばね中央部	MPa			1100			870 (A点)	600 (A点)
	板ばね湾曲部	MPa			0			-120 (B点)	-40 (B点)
	円形ばね	MPa			70			-580 (D点)	-200 (D点)

* : 102 形の値は鉄研報告No.388による。

* : () 内の値はレール変位上向きの先端ばね定数。

形は十分な疲労強度を確認したが、102 形改良形は六角ボルトが折損し、緩衝円形ばね形はばね尻上部（図2(2)E点）に亀裂が入った。これは、102 形改良形においてはレール小返り角が大きく、六角ボルトの軸力の変動が大きかったこととレール横圧力が主ばねと座金を介して六角ボルトに働き、曲げモーメントによる大きな変動応力が生じたこと、また緩衝円形ばね形はその特徴である緩衝円形ばねのせん断変形により、レール横圧力がばね尻上部（図2(2)E点）に働き大きな変動応力が生じたためであると考えられる。

4. 現場敷設測定試験

室内性能試験の結果より、試作3案のうち2重ばね形と疲労強度に問題はあるものの試験期間が短期間であること、今後の改良の余地を考慮し緩衝円形ばね形、さらに比較対象として現用102形を加えて3種類の敷設試験を実施した。横圧は、最大で20kN程度であったが、横圧とばね応力のデータより求めた回帰直線を利用して設計荷重A荷重（輪重110kN、横圧68kN）に相当するばね応力を3σ（σ；標準偏差）の範囲まで推定し、図3に

示す。これらをまとめると以下のとおりである。

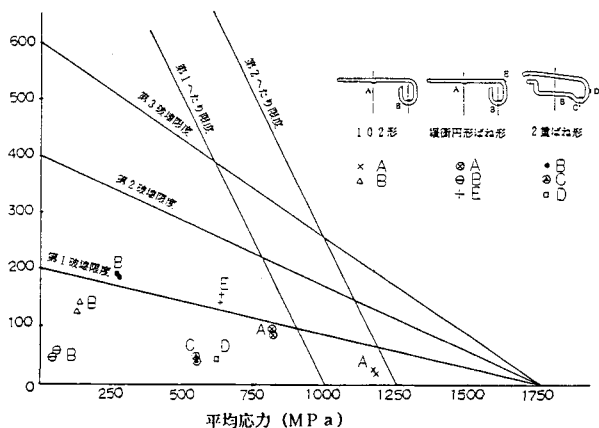


図3 ばね鋼耐久限度線図（現場敷設測定試験）

- (1) 現用 102形においては、ばね中央部（A点）が第2へたり限度に近く、高精度のトルク管理を要す。
- (2) 緩衝円形ばね形においては、ばね中央部（A点）が第1破壊限度および第1へたり限度に近く、またばね尻上部（E点）は、第1破壊限度をわずかに超えている。
- (3) 2重ばね形においては、ばね尻先端部（B点）が第1破壊限度をわずかに超えているが、他の部分は第1破壊限度および第1へたり限度内に入っている。

5. 結論

現場敷設測定試験において発生した横圧は小さく、A荷重領域を推定するには必ずしも十分とは言えないが、これまでの結果を総合すると、2重ばね形が最も優れていることが確認された。

文献

- 1) 佐藤吉彦：“新軌道破壊理論の構成” 鉄道技術研究所連報 77-47 (1977.6)