

標準軌、狭軌併設軌道の張出し抵抗に関する研究

○金沢工業大学大学院 学生会員 五十嵐 善之
 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 泰生
 金沢工業大学 正会員 伊能 忠敏

1. はじめに

近年、3線あるいは4線併設軌道を敷設して、新幹線と在来線との直通運転により、在来線の高速度化、乗客の乗継ぎ期間の短縮等を図る構想が提案され実施に移されている。¹⁾しかし、3線、4線併設軌道の張出し抵抗力については明確にされていない。この研究は有限要素法（以下FEMという）線形モデルにより軸圧に対する横方向変位を計算し、実物軌道座屈試験結果²⁾から得られているレール横変位が急成長する直前の値（2mm）を限度と仮定して、3線、4線軌道の軸圧力に対する抵抗力を比較し、模型による座屈実験により結果の検証を試みたものである。

2. FEMモデルによる解析

2. 1 計算に用いたモデルと諸定数

FEMの解析に用いたモデルは従来の研究³⁾を参照し、図-1に示すモデルとした。また、計算に使用する定数として、レールを連結する部材の曲げ剛性については、吹田操車場における曲げ剛性試験の結果⁴⁾を参照し、レール長10.64mで曲げ剛性が一般軌道の2.5倍となる値（図-2）を用い、道床抵抗力については高崎線における道床抵抗力試験の結果⁵⁾から横方向の弾性限度を2mmとし、まくらぎ1本当りのばね定数を $k=43\text{KN/cm}$ とした値を用いた。

2. 2 構造解析結果

一般軌道と3線、4線併設軌道の張出し抵抗力を比較するため、レール軸方向力に対するレール横方向変位の計算を実施し、一般軌道の実物軌道座屈試験結果から横方向変位が急成長する直前の値を2mmとして、この値を限界値とし、張出し抵抗力の比較を試みた。計算においては、軌道狂いの影響を考慮するため初期変位として、波長2~10m、波高6~12mmを与えた。解析結果は図-3の通りであり、初期変位の影響が大きく、いずれの軌道条件においても初期波長4m付近で張出し抵抗力が最低となり、波高が大きくなるにつれて抵抗力も減少していくことが明らかになった。また、同一条件下において一般軌道と3線、4線併設軌道の張出し抵抗力の比較を試みると、3線、4線併設軌道は一般軌道と比較して張出し抵抗力が小さいことが推定された（表-1）。

3. 模型による座屈実験

全長5m、幅0.6mで、縮尺1/14の実験装置を用いて、4mのレールに5cm間隔でアルミニウムまくらぎにフェノール樹脂の締結装置で一般軌道と3線、4線併設軌道の軌きょうを組み立て、1波の曲線線形にあらかじめ初期変位を与え、両端を固定し、レールに電流を流して温度上昇によるレール軸圧力を与え座屈を発生させた。

締結装置の剛性を検討するため、締結装置とレールの間にゴムを巻いた柔らかい状態とレールの下にゴム

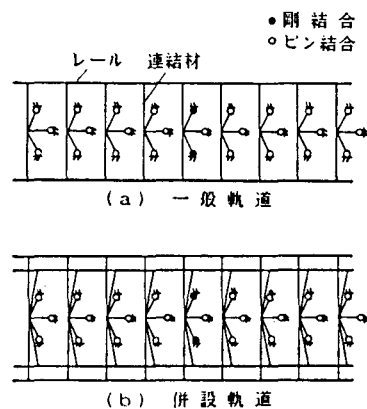


図-1 FEMモデル

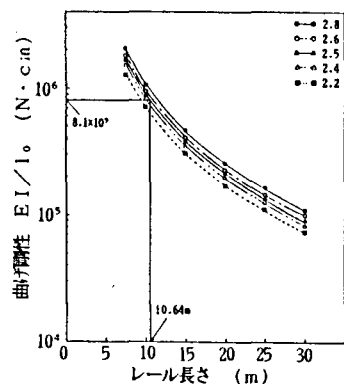


図-2 軌きょう剛性

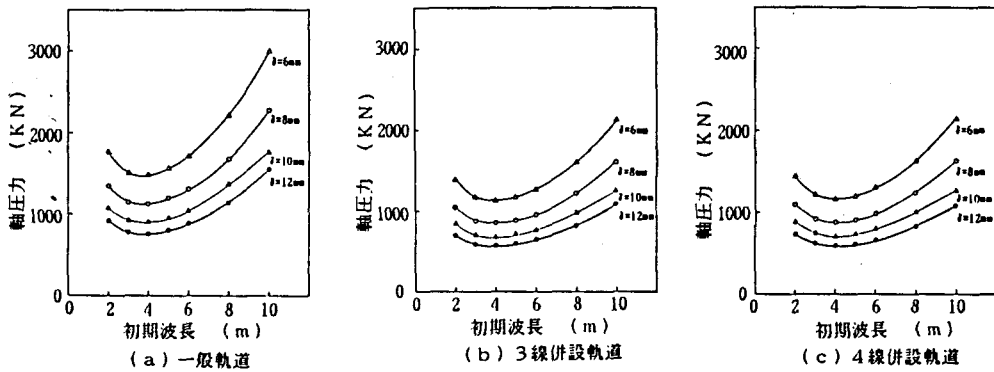


図-3 横変位2mmに達する軸圧力の計算値

を敷いた硬い状態について試験を行った。これらの締結装置の差による模型の軌きょう剛性の差をレール長1mでたわみ試験を実施して比較を行った結果、表-1の通りであった。

また、座屈実験において、ある程度のばらつきはみられたものの、レール横変位が急成長する直前の点の値(0.25mmとした)における軸圧力(各3回の平均値)で横方向抵抗力を比較すると表-2の通りで、解析結果と同様に一般軌道と比較して3線、4線併設軌道の方が横方向抵抗力が小さいことが推定された。

道床抵抗力を同一条件とした場合、従来から想定されていた通り締結装置による軌きょう剛性を高めた方が張出し抵抗力が大きいことが明らかになり、今後、3線、4線併設軌道の張出し抵抗力を強化するための有力な方法となり得ることが明らかになった。

4. まとめ

一般軌道と3線、4線併設軌道の張出し抵抗力の比較を実施するため、軸圧力による横方向変位についてFEMによる理論解析と、模型による座屈実験を行った結果、3線、4線併設軌道は一般軌道と比較して張出し抵抗力が小さいことが推定され、ロングレールの敷設に際しては、張出し抵抗力を増加させる必要があると考えられる。また軌道の座屈に際しては初期変位が大きく影響し、波長4m付近で抵抗力が最低になることが予想されるので、実物試験あるいは軌道保守に際して注意する必要がある。3線、4線併設軌道の張出し抵抗力を強化させる一対策として、締結装置により軌きょう剛性を高める方法が有効であると考えられる。

(参考文献)

- 1) 伊能忠敏：「四線併設軌道の技術的研究」、土木学会誌、1985年9月
- 2) 宮井徹・飯田啓善・篠田七次：「実物軌道座屈実験装置の制作と第1次試験」、鉄道技術研究所速報 No. A-83-170、1983年12月
- 3) 佐藤泰生・鈴木喜也：「鉄道分岐器の有限要素法による構造解析(設計に用いる適合モデルの検討)」、土木学会第40回年次学術講演会資料、1985年9月
- 4) 沼田実：「ロングレールの座屈強さ」、鉄道技術研究報告 No. 721、1970年8月
- 5) 宮井徹・飯田啓善・細川岳洋・浜崎郷広：「営業線における道床横抵抗力試験」、鉄道技術研究所速報、No. 82-142、1982年10月

表-1 最小張出し抵抗力の計算値

軌道条件	最小抵抗力(kN)	比率
一般軌道	1105	1.00
3線併設	833	0.75
4線併設	854	0.77

($\delta = 8\text{mm}$)

表-2 軌きょう曲げ剛比率 N_s (実験値)

軌道条件	ゴムを巻いた状態	ゴムを敷いた状態
一般軌道	1.26	10.95
3線併設	1.24	10.10
4線併設	1.45	11.55

表-3 横変位0.25mmの平均軸力 (実験値)

軌道条件	ゴムを巻いた状態(N)	ゴムを敷いた状態(N)
一般軌道	568 (1.0)	699 (1.0)
3線併設	372 (0.65)	418 (0.60)
4線併設	493 (0.87)	561 (0.80)

(比率)