

IV-373 曲線部の軌道構造の決定手法に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 内田雅夫
小倉英章
正会員 石川達也

1. はじめに

曲線部の軌道構造の決定にあたっては、曲線通過時の最大横圧を推定して、レール締結装置の破壊あるいは軌框の横移動(いわゆる急激な通り狂い)に対する限度値との照査を行う手法¹⁾が従来から用いられているが、現状の地上設備を活用した曲線通過速度向上への積極的な取組に対応して、より経済的な軌道構造の決定手法を検討する必要がある。ここでは、より合理的な手法を目指すために、曲線通過時の列車荷重の一般化、輪重載荷を考慮した左右方向の軌道負担力計算手法、横圧限度の見直しの方向等に関する検討を行った結果について述べる。

2. 曲線部の軌道構造決定の手順

今回検討した曲線部の軌道構造決定のための手順の概略を図1に示す。まず列車荷重条件としては、軌道破壊に影響が大きい外軌側横圧を定常分と変動分の和の形で設定するとともに、内軌側横圧ならびに内・外軌の輪重を変動分を考慮しない定常値として設定することとした。次に、輪重載荷によりバラストに伝わる垂直圧が、軌道

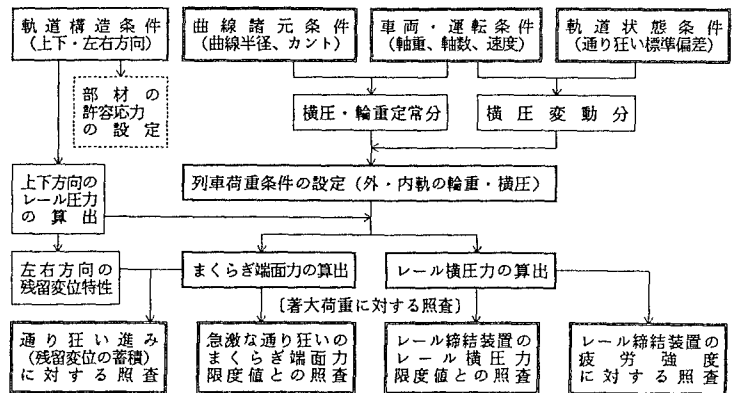


図1 曲線部の軌道構造の決定フロー

の横支持ばねや左右方向の残留変位特性に影響することに着目した左右方向の軌道負担力計算手法を用いることとした。これにより、軌道構造条件と列車荷重条件を用いて、レール/まくらぎ間の伝達力(レール横圧力)とまくらぎ/バラスト間の伝達力(まくらぎ端面力)を算出して、従来と同様の著大荷重に対する照査を行うとともに、レール締結装置の疲労破壊や通り狂い進み(左右方向の軌道の残留変位の蓄積)に関する照査を行う。

3. 曲線通過時の列車荷重の一般化

車上で測定された外軌側の横圧波形と通り狂い波形等から、曲線諸元及び速度と外軌側平均横圧(横圧定常分)、外軌側通り狂いP値及び速度と外軌側横圧の標準偏差(横圧変動分)をそれぞれ対応させ、定常分と変動分の合算の形で最大横圧を推定する手法について既に提案している^{2) 3)}。この手法を用いて列車荷重の一般化を試みた。まず、軸重に比例すると仮定して補正した外軌側平均横圧と曲率の関係(図2)において、概ね同程度の発生横圧になっていることが確認でき、超過遠心力が卓越する横圧発生状況のもとでは、外軌横圧は曲線轉向性能よりも軸重(車体重量による慣性力)が支配的であることがわかる。次に、外軌側の通り狂いP値と横圧の標準偏差との間に比較的良好な相関が認められ、速度と外軌側横圧の標準偏差の関係を求めた。これらの結果をもとに、外軌側横圧最大値を〔平均横圧〕+〔標準偏差×3〕により推定することとした。なお、内軌側横圧ならびに内・外軌の輪重については、変動分を考慮しない定常値を用いることとした。

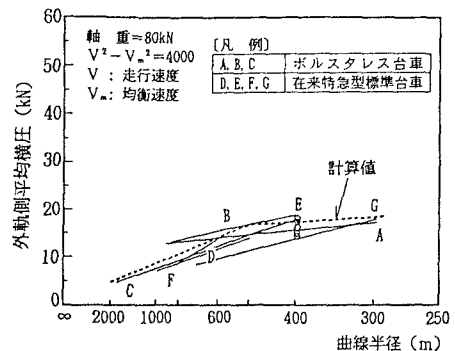


図2 外軌側平均横圧と曲線半径

4. 輪重載荷を考慮した左右方向の軌道負担力計算手法

軌道に横圧と輪重が同時に作用した場合、まくらぎ下面垂直抗力の増加によりまくらぎ底面摩擦が増大し、道床横抵抗力が大きくなると同時に道床横ばねが硬くなるが、従来から左右方向の軌道負担力計算手法として用いられてきた等弾性連続支承モデル⁴⁾では理論上このことを表現することは難しい。また、横圧強度の検討対象となる外軌側レール横圧力及びまくらぎ横圧力をわずかながら過小評価する恐れがある。以上の問題点を解決するため、輪重載荷による影響を考慮した有限間隔支持モデルによる解析手法について検討した。軌道の横支持ばねはまくらぎ横ばねと道床横ばねの2つから構成されるものとし、後者は輪重載荷により硬くなると仮定して、これをまくらぎ/道床間摩擦係数 μ の導入により評価する（図3）。この手法によるまくらぎ端面力と輪重載荷時の滑動限界との差（道床横抵抗残力）の計算例を図4に示す。

5. 横圧の繰返載荷による左右方向の軌道の残留変位特性

通り狂い進みに関連して、横圧の繰返載荷による左右方向の残留変位特性を把握するために、軌道動的載荷試験装置(DYLOC)を用いて、実物大軌道に対し輪重と横圧の組み合わせを変更して繰返載荷を行い、繰返回数とまくらぎ端左右変位量との関係として図5を得た。これより、レール圧力が同じ場合には横圧が大きい方が、横圧が同じ場合にはレール圧力が小さい方が、左右方向の残留変位量の増加傾向が大きいことがわかる。

6. 横圧限度の見直しの方向

レール締結装置に対する横圧限度は、設計荷重として内外軌レールに等大逆向きの横圧が作用する場合を想定したものであり、実際の軌道では発生し難いため、実際には締結装置の横圧限度に対してかなりの強度的余裕があると推定⁵⁾される。従って、左右レールの横圧差や輪重載荷を考慮したレール横圧力との照査手法の改善が必要と考えられる。次に、従来の急激な通り狂いの発生条件に対する横圧限度式では軌道構造の差異（まくらぎ間隔、レール剛性、軌道横支持ばね等）を考慮していない。そこで、著大な横圧差の作用によってまくらぎ端面力が輪重載荷を考慮した道床横抵抗力を上回り、軌道全体としての残留変位量が多大なものとなった場合に起こるまくらぎの滑動現象が急激な通り狂いであると定義し、これを本解析モデルに適用して、軌道構造別に異なった急激な通り狂いの判定基準を設定する方法が合理的であるとする。

〔参考文献〕

- 1) 宮本, 渡辺: 線路, 山海堂, 1980. 7
- 2) 内田, 吉田: 曲線通過時の車上データを用いた発生横圧推定法, 第45回年次講演会概要集, 1990. 9
- 3) 内田, 小倉: 曲線通過時の発生横圧（定常分と変動分）の実態把握, 第46回年次講演会概要集, 1991. 9
- 4) 佐藤, 梅原: 線路工学, 日本鉄道施設協会, 1987. 2
- 5) 長藤: 変動応力場におけるレール締結装置の耐用年数予測, 鉄道総研報告, Vol. 5, No. 8, 1991. 8

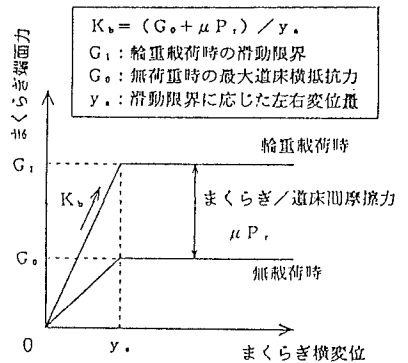


図3 道床横ばね係数 K 。

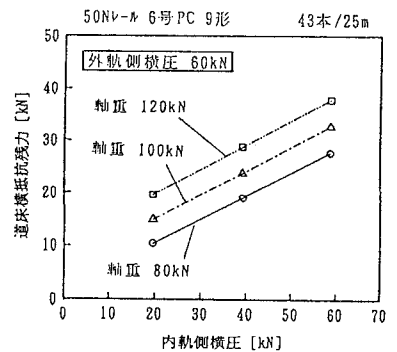


図4 内外軌の横圧差と道床横抵抗残力

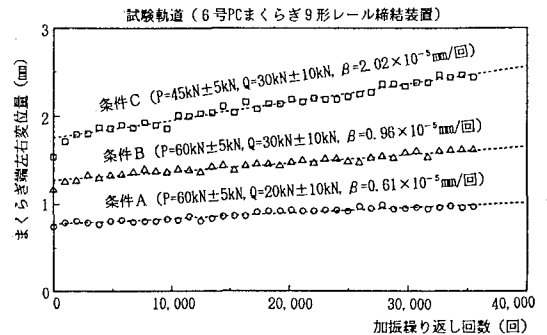


図5 繰返載荷時のまくらぎ端左右変位量