

# ロングレールの座屈防止

片岡 宏夫

軌道技術研究部(軌道構造 主任研究員)



かたおか ひろお

## はじめに

レールを連続的に溶接して1本の長大レールとするロングレールは乗り心地の向上、騒音の低減、下部構造への衝撃荷重の緩和など、様々な利点があり、広く使用されています。しかし、年間の温度変化により、レール内部にレール長さ方向の引張や圧縮の温度応力に基づく軸力が発生するため、それに伴う事象に対処する必要があります。

夏期の温度上昇時には、圧縮のレール軸力が発生し、まくらぎごと線路直角方向(この方向を横方向とします)に移動しようとするため、その動きを拘束する必要があります。有道床軌道では道床バラストの中にまくらぎを敷設することにより、このまくらぎの横方向の移動に対する抵抗力をもたせます(図1)。これを、道床横抵抗力と呼んでおり、座屈防止のための重要な要素となっています。

ロングレールの座屈安定性の評価については本誌において既に紹介していますが<sup>1)2)3)</sup>、本稿では道床横抵抗力の増強策を中心に、有道床軌道の座屈強さを向上させる方策について述べます。

## 道床横抵抗力

営業線の道床横抵抗力は、基本的に実測により所定の値

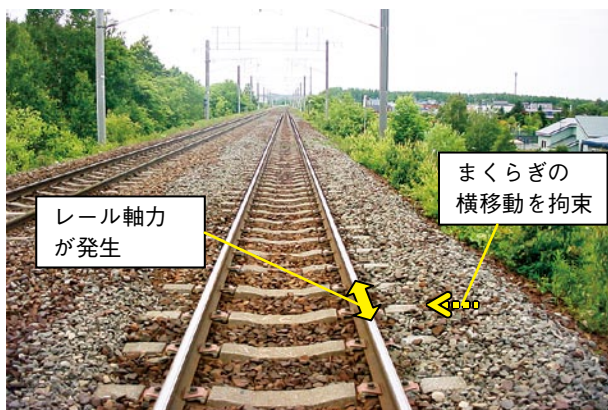


図1 有道床軌道

を確保していることを確認するのが基本ですが、すべての箇所でも道床横抵抗力を測定するのは保守労力の観点から現実的ではありません。

そこで、線路断面の道床形状の寸法で横抵抗力を管理しています。道床形状で重要なのがまくらぎ端面の軌間外方(道床肩)の道床バラストの寸法です。この道床肩の肩幅やまくらぎの露出量を見ることで道床横抵抗力が確保されていることを確認することができます。

また、まくらぎ間は、狭軌線ではまくらぎ側面の道床がまくらぎ上面まで入っていることが前提となります。新幹線では、まくらぎの寸法が大きいため狭軌に比べて道床横抵抗力を確保しやすく、高速域でのバラスト飛散防止の観点から軌間内のバラストをまくらぎ上面より低くとしています。

道床横抵抗力を営業線で測定する場合には、一般に図3に示すような1本引きの試験を行います。また、試験装置

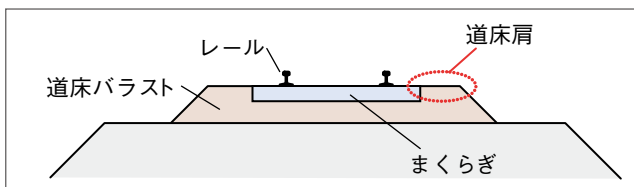


図2 線路の断面

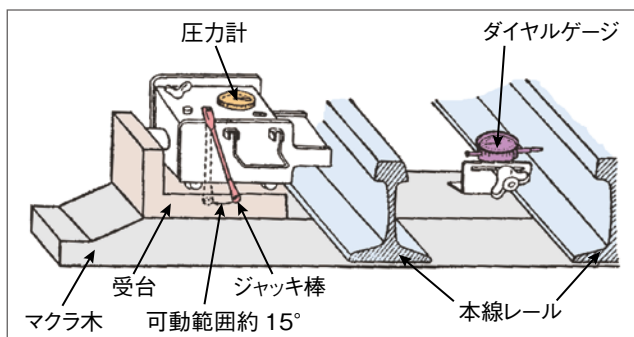


図3 道床横抵抗力測定器

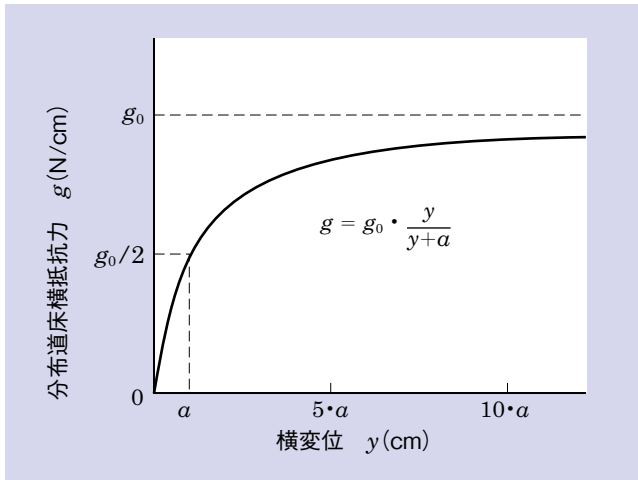


図4 道床横抵抗力の特性

を用いて2本引きで行われることもあります。試験では、一般的に図4のように道床横抵抗力が飽和する特性が得られ、これを次式で近似しています。

$$g = g_0 \cdot y / (y + a) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $g$ ：道床横抵抗力

$g_0$ ：最終道床横抵抗力

$y$ ：まくらぎ横変位

$a$ ：初期特性値 ( $g$ が $g_0/2$ となる横変位)

なお、試験でさらに横引きを続けると横抵抗力は下がりますが、座屈強さの評価では飽和する領域までで充分であり、上記の式を用いています。

### 座屈防止のための方策

座屈強さを増す方法としては大きく次の2通りに分けられます。

- ①道床横抵抗力を増大させる。
- ②軌きょう剛性を増大させる。

有道床軌道では、特に、座屈強さに直結する前者の方法がとられます。道床横抵抗力の増強策としては、主に次のような方法があります。

- ・道床肩幅の拡幅と余盛り
- ・まくらぎの大型化、重量化
- ・座屈防止板の取り付け

以下に、これらの方法とその効果について述べていきます。

#### (1) 道床肩幅の拡幅と余盛り

道床横抵抗力を上げるために、道床肩のバラストを増やすことが考えられます。図5に示すように、道床肩幅を拡げたり、道床肩のまくらぎ上面より高くする、すなわち余

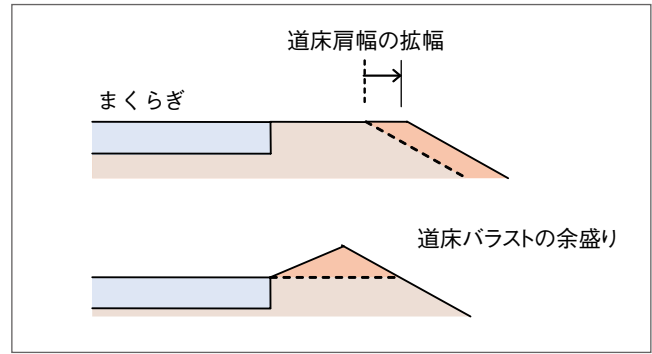


図5 道床肩幅の拡幅，余盛り

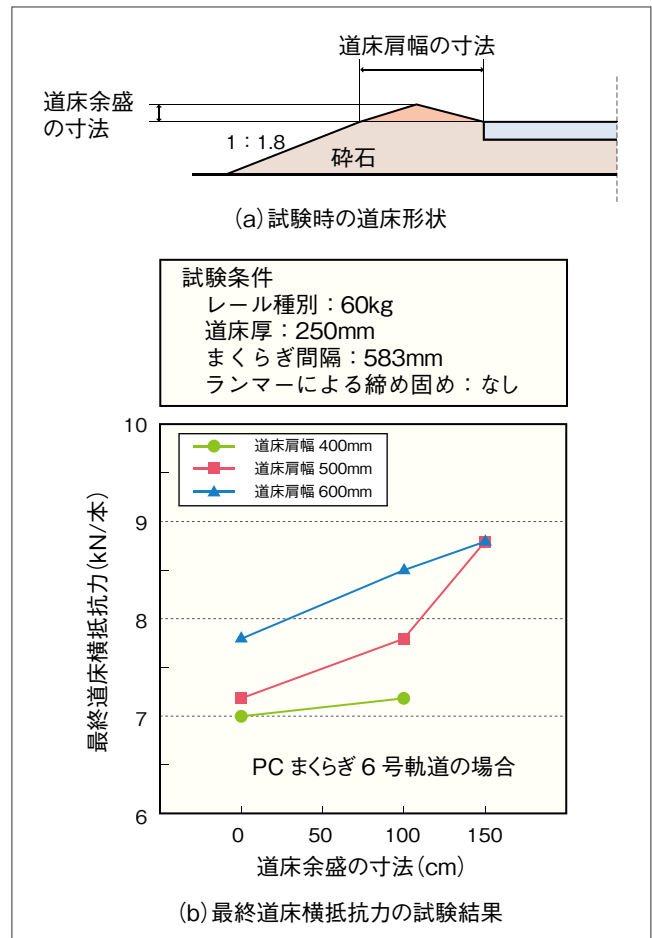


図6 道床形状の道床横抵抗力への影響<sup>4)</sup>

盛りを付ける、といった方策があります。

例として、過去に実施したPCまくらぎ6号の試験結果を示します。この試験では、道床肩幅、余盛りの寸法を変えて試験しています。式(1)で近似した最終道床横抵抗力をまとめた結果は図6のとおりです。図から、道床肩幅、余盛りの増加に伴い最終道床横抵抗力が増大することがわかります。また、このような試験結果から、道床形状から期待される横抵抗力の値を知ることができます。

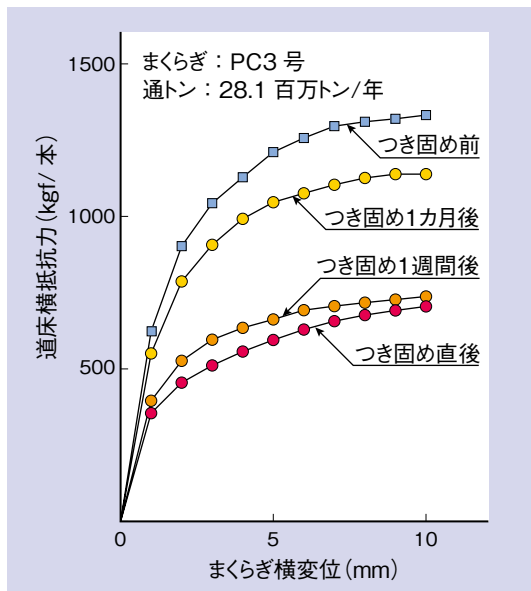


図7 道床横抵抗力に及ぼす列車通過の影響<sup>5)</sup>

なお、道床横抵抗力は図7のように列車の通過に伴い増加することが知られています。したがって、夏期高温時を迎える前に道床を乱さなければ、上の試験で得られた値より実際には大きな道床横抵抗力を確保して、安全側の管理を行うことができます。

## (2) まくらぎの大型化、重量化

道床横抵抗力は、まくらぎ底面のまくらぎ/道床バラスト間の摩擦抵抗、まくらぎ側面の抵抗、まくらぎ端面の抵抗の和で構成されていると考えることができます。

そこで、道床横抵抗力を増加させるための方策の一つとして、寸法や重量の大きいまくらぎの採用が挙げられます。特殊型まくらぎのまくらぎ重量はPC6号まくらぎの167kgに比べて240kgと大きいため、まくらぎ底面の摩擦抵抗が1.5倍になり、また、まくらぎ端面の抵抗力も増加させることができます。このような大型のまくらぎは軌道沈下の抑制にも効果があると考えられ、まくらぎの浮きが生じやすい橋台裏などで用いられることがあります。

また、PCまくらぎの側面に突起を設けて抵抗を増加させる翼付きまくらぎも開発されています(図8)。

一般にロングレールでは重量の重いPCまくらぎが使用されますが、分岐器では木まくらぎや合成まくらぎが用いられています。合成まくらぎは加工の自由度があり、その底面に突起を設けることにより抵抗を増加させることができます(図9)。

## (3) 座屈防止板

まくらぎ端面の抵抗力を増加させる方法として、座屈防止板の取り付けがあります。座屈防止板は固定方法、防止板の大きさにより様々なタイプが開発されています。その例を図10に示します。なお、図10(b)は鉄道総研が開発

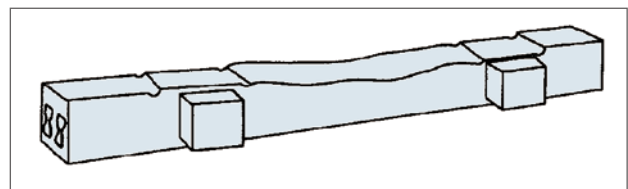


図8 翼付きPCまくらぎ

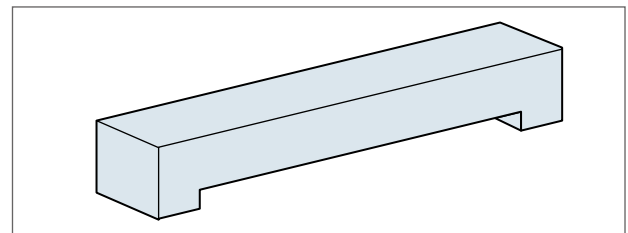


図9 突起を設けた合成まくらぎ

したものです。座屈防止板の効果は、まくらぎや座屈防止板の形状により変わりますが、ここでは例として新幹線用の3Ta型PCまくらぎに取り付けた場合の試験結果を図11に示します。図からわかるように、最終道床横抵抗力の増大効果が認められます。

## (4) その他の道床横抵抗力の増強策

### ・道床安定剤の散布

道床横抵抗力を一時的に上げる方法として、道床安定剤の散布があります。これを道床肩に散布して道床バラストを固めることにより、大きな効果が見込めます。ただし、道床の整備作業を行う際に固めた部分が壊されることになり、恒久的な対策とはなりにくいため、まくらぎの浮きが

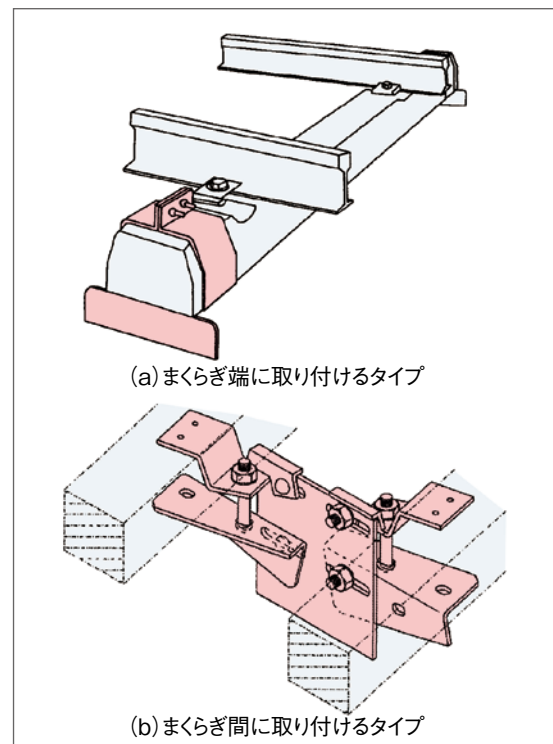


図10 座屈防止板

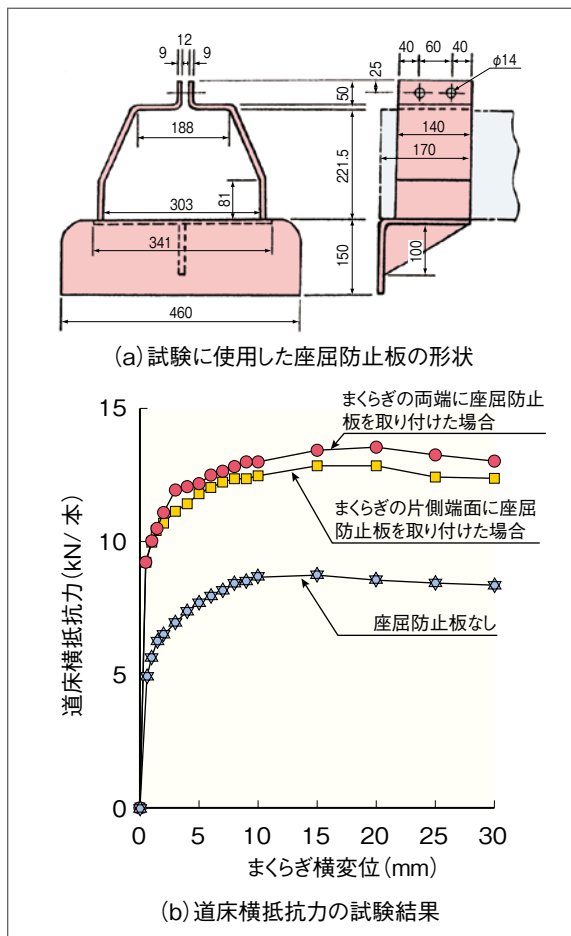


図 11 座屈防止板の効果の例<sup>5)</sup>

生じやすい橋台裏など、夏期を迎える際の要注意箇所に使われます。

#### ・防止杭の敷設

まくらぎ端面に杭を打つことにより、まくらぎの移動を止める方法で、これも大きな効果が見込めます。分岐器が介在するロングレールで大きな軸力が発生するヒール部付近で使われることがあります。

### 軌きょう剛性の増加

座屈強さは、上に述べたまくらぎの道床横抵抗力の他に、線路直角方向のレールの曲げ剛性と、レール締結装置の回転抵抗力特性などに依存します。締結装置の回転抵抗は軌きょう(まくらぎにレールを締結したはしご状の構成体)の横方向への曲げ剛さにつながっています。そのレールの横方向の曲げ剛性とを比を軌きょう剛性と呼び、座屈強さを評価するための要因として扱っています。

締結装置の回転剛性を上げることにより軌きょうとしての横変形をしにくくし、座屈強さを上げることができます。直接の対策として使われることは少ないですが、軌きょう剛性を適切に評価することにより、効率的なロングレールの管理ができます。

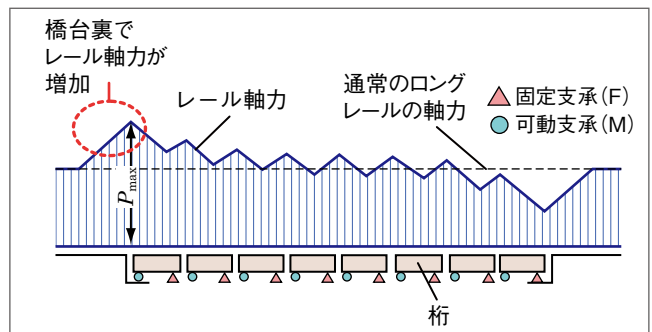


図 12 橋上ロングレールのレール軸力分布の例

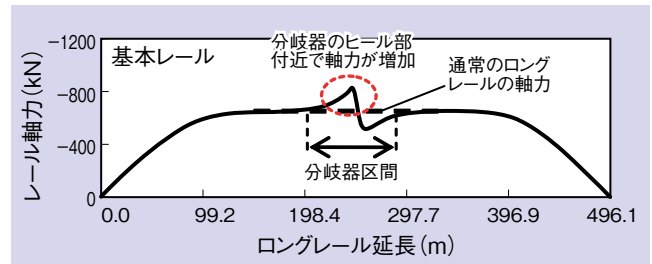


図 13 分岐器介在ロングレールのレール軸力分布の例

### 適用箇所

以上のような方策は、まくらぎの浮きが生じやすい箇所、道床バラストの流動が生じやすい箇所に有効です。

また、座屈に対する安全性を高める必要のある急曲線ロングレールや、橋上ロングレールや分岐器介在ロングレールなど、通常のロングレールの軸力より高いレール軸力の発生が想定される場合に(図12, 図13), 効果や施工性を考慮して各対策が使われています。

### おわりに

道床横抵抗力を高めるために、これまでに様々な取り組みや研究がなされてきました。ロングレールの適用範囲は拡大されてきており、今後も状況に応じて適切な対策を選定し、ロングレール管理を行っていくことが望まれます。

RRR

### 文献

- 1) 柳川秀明, 他: ロングレールの座屈安定性解析を探る, RRR, Vol.57, No.11, 2000
- 2) 柳川秀明: ロングレールの適用範囲拡大時の設計法, RRR, Vol.63, No.2, 2006
- 3) 片岡宏夫: 軌道の温度変化に伴う現象を把握する, RRR, Vol.64, No.5, 2007
- 4) 柳川秀明: 保線の基礎力学(7) - ロングレール(1) -, 日本鉄道施設協会誌, Vol.32, No.12, 1994
- 5) 宮井徹, 他: 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