

ラダー軌道システム

涌井 一 (研究開発推進室 主管研究員)

はじめに

線路は2本のレールに始まります。軌道構造に求められる二つの主要な機能は、路盤・土木構造物の経年沈下に対してレールの敷設精度を維持すること、レールに作用する衝撃力を吸収・緩和して路盤・土木構造物への加振力を下げることです。マクラギや軌道スラブなどのレール支承体は、レールと路盤・土木構造物とを結びつけるインターフェースとして非常に重要な役割を果たしています。これらの観点から鉄道総研は、縦マクラギ方式の「ラダーマクラギ」を開発し、バラスト軌道とバラストレス直結軌道からなる「ラダー軌道システム」を構築しました。

ラダーマクラギの開発

「レールと並行したコンクリート製の縦マクラギが理想」との考えは1940年代から提唱され、フランス、ソ連、日本などで開発が試みられました¹⁾(図1)。しかし、左右の縦マクラギの連結構造に弱点があり軌間(左右レールの間隔)の保持に問題を生じたり、連結構造の改良を図った形式では過大な断面・重量のものとなったりして、いずれも実用化には至りませんでした。

縦マクラギ開発の歴史から、「軌間保持機能に十分な耐久性を持たせる」、「コンクリート製の横マクラギに比べて線路長さ当りの重量が大きくなり過ぎない」の二つを両立させることが開発のポイントと分かりました。以上の歴史的経緯と分析を経て、鉄道総研・構造システム研究室は1994年、新形式の縦マクラギとしてラダーマクラギ(図2)を開発しました。ラダーマクラギを一言で表現すると、「プレストレスト・コンクリート(PC)製縦梁と鋼管製継材を一体化した“はしご”形状のマクラギ」となります。一体化構造により軌間保持機能に十分な耐久性を持たせるとともに、コンピュータ・シミュレーションと限界状態設計法²⁾

を駆使して軽量化を実現しました。

複合レールの発想

横マクラギを用いた従来軌道(図3左)では、マクラギの役割はレールを据え付ける台に過ぎず、レールのみが列車荷重を支える梁として機能します。しかし、レール自体は鉛直・水平方向に曲がりやすいため、レールのみでは曲げ剛性が不足します。とりわけバラスト軌道では、台の役割を果たす横マクラギがばたついて不同沈下や浮きが生じやすいことと、レール曲げ剛性の不足とこれらとの相乗作用により、軌道の劣化と変位が日々累積していく問題を抱えています。

ラダーマクラギを用いた軌道(図3右)では、マクラギはレールを据え付けるための単なる台ではなくなります。従来の鋼製レールの下に、新たにコンクリート製レールが加わった、重ね梁構造となるからです。そのため、「複合レール」と呼ぶことができます。この複合レールは、鋼製レールのみの場合と比較して数倍の曲げ剛性をもつこと、線路方向に連続・安定した大きな接地面をもつこと、座屈に対する安全性も格段に高まることなど、軌きょう(レール+マクラギ)として優れた構造性能を発揮します。この複合レールの発想のもと、バラスト・ラダー軌道とフローティング・ラダー軌道からなるラダー軌道システムが開発されました。

バラスト・ラダー軌道

バラスト・ラダー軌道(図4上)の第一の特長は、軌道変位が発生しにくいいため、保守周期を大幅に延伸できることです。米国TTCIのプエブロ実験線で軸重35トンの貨物列車を走行させ、通過トン数1億5千万トンまでの耐久性試験を行った結果では、PC横マクラギの従来軌道が5



図1 1940～1950年代の縦マクラギ

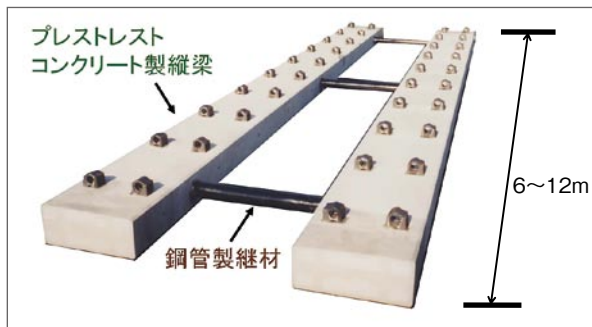


図2 ラダーマクラギ

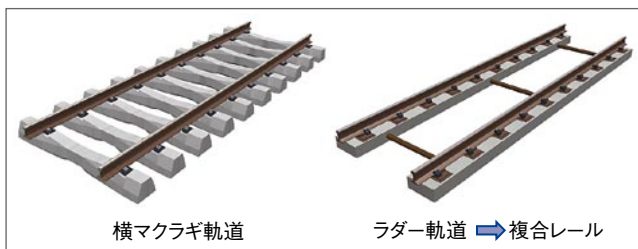


図3 複合レールの発想



図4 ラダー軌道システム

回の整備を要したのに対して、ラダー軌道は1回の整備も要せず、軌道変位の成長は見られませんでした³⁾。このように、ラダーマクラギによりバラスト層の劣化を格段に小さくできますので、既設線など路盤が安定したところでは、メンテナンス・フリーに近い性能が見込めます。

第二の特長は、レールの座屈に対する安全性が高いことです。横マクラギの従来軌道では、夏期のレール温度上昇や地震の影響により、レールの座屈を起こす心配があります。レールの座屈に抵抗する要素は横マクラギの重量とバラストの抵抗に過ぎず、レールのはらみ出し作用に対して横マクラギが大きく滑動してしまうからです。バラスト・ラダー軌道では、ラダーマクラギが横マクラギのように大きく滑動する現象は起きないため、レールの座屈に対する安全性は格段に高まります⁴⁾。これにより、従来は困難であった急曲線区間のロングレール化も可能となります。

バラスト・ラダー軌道は、従来軌道の弱点を補完する目的で、夜間騒音規制のためマルチ作業ができない区間や、急曲線・トンネル・路盤不良部・橋台裏・踏切・伸縮継目など保守が困難な箇所を主体に、営業線への導入が進められています。

フローティング・ラダー軌道

フローティング・ラダー軌道(図4下)は、ラダーマクラギの縦梁を一定の線路方向間隔(1.5m前後)で点支持した構造です。支持部にはばね係数が比較的小さい防振装

置または防振材が挿入され、その方式の違いにより、防振装置式、L型台座・防振材式、ダクトイル台座・防振材式の3種類があります。

この軌道の特長は、“浮き式軌道”の効果によりレールに作用する衝撃力を吸収・緩和する機能が優れているため、構造物騒音や地盤振動を低減できることです。端的な例としては鋼橋上への導入実績がありますが、構造物騒音の問題は解消されており、サイレント鋼橋が実現できています。

構造物騒音の問題が解消され、鋼部材も適用できること、またこの軌道は極めて軽量であることから、これらの利点を活かし、低コストで耐震性に優れた新形式高架橋・橋梁の開発も進められています⁵⁾。

文献

- 1) 涌井他:コンクリートマクラギ新時代, RRR, 第52巻, 第12号, pp.8-28, 1995
- 2) 涌井, 奥田:PCマクラギの限界状態設計法に関する研究, 土木学会論文集, No.557/V-34, pp.35-54, 1997
- 3) 浅沼, 松本, 奥田, 涌井:プエプロ実験線の重軸重列車走行におけるバラスト・ラダー軌道の耐久性・保守省力効果, 鉄道総研報告, Vol.16, No.2, pp.45-50, 2002
- 4) 浅沼, 奥田, 松本, 涌井, 富田:バラスト・ラダー軌道の座屈安定性に関する解析的検討, 鉄道総研報告, Vol.20, No.11, pp.41-46, 2006
- 5) 涌井:PRC技術による次世代線路システム, プレストレストコンクリート, Vol.46, No.2, pp.35-38, 2004