

まくらぎ下面圧力測定法 (センシングまくらぎ)

バラスト軌道は「道床バラスト」と呼ばれる硬い碎石粒子から出来ています。個々の道床バラスト粒子は、列車の動的荷重を繰り返し受けて、回転、移動、すべり、破碎、摩耗などの微小な動きが生じます。それらが長期間に累積して、道床内部に不均一な塑性変形が生じ、また、軌道面には「軌道破壊現象」と呼ばれる軌道不整が発生します。軌道破壊の進展は、列車の乗り心地、走行性、軌道の維持管理に影響しますので、その現象解明が重要な課題となっています。

これら塑性変形現象は、まくらぎ下面に作用する動的荷重により促進されます。つまり、軌道破壊現象の解明には、まずは、まくらぎ下面に作用する動的荷重の実態を把握することが重要です。しかし、まくらぎと碎石層との境界は道床内部の見えない位置にあり、その荷重の実態については、これまでは全く測定できませんでした。

本発明のセンシングまくらぎは、まくらぎ下面での動的荷重を、実軌道で測定することを目的に開発しました。従来、軌道に関する測定では、軌道部材の外側に各種センサを取り付けて測定する方法が用いられてきました。しかし、まくらぎ下面のように、外部から見えない場所を測定するとなると、測定が非常に困難です。

そこで、本発明では、軌道部材の外側にセンサを取り付けるという従来の発想にかわり、まくらぎ1本をそっくりそのままセンサにしてしまうという「逆転の発想」を採用しました。つまり、構造面でも機能面でも、従来品と全く互換で、見た目も通常のPCまくらぎにすぎないのですが、実はそのなかにハイテクセンサがぎっしり組み込まれ、インテリジェントな機能も兼ね備えるという、まさに「ハイテクまくらぎ」を開発しました。

基本的なしくみを図1に示します。本まくらぎは薄型PC3号まくらぎの下面に、圧電シートを用いた新開発の超薄型衝撃荷重センサ75個を隙間なく貼り付け、その表面に保護用のアルミ合金製受圧板を貼り付けた構造です。これにより、まくらぎ下面に作用する数kHzまでの接触荷重とその分布を測定できます。

まず、従来品のまくらぎの厚さより2cm薄く、それでいて従来品と同程度の強度を有するまくらぎを新たに設計、製作しました。また、新開発の荷重センサは、圧電シートの両面に薄い電極を施した構造で、電気的にはコンデンサと等価です。従来品と違って内部抵抗がないため、軌道直近の劣悪な測定環境でも、殆どノイズがなく高精度な測定が可能です。

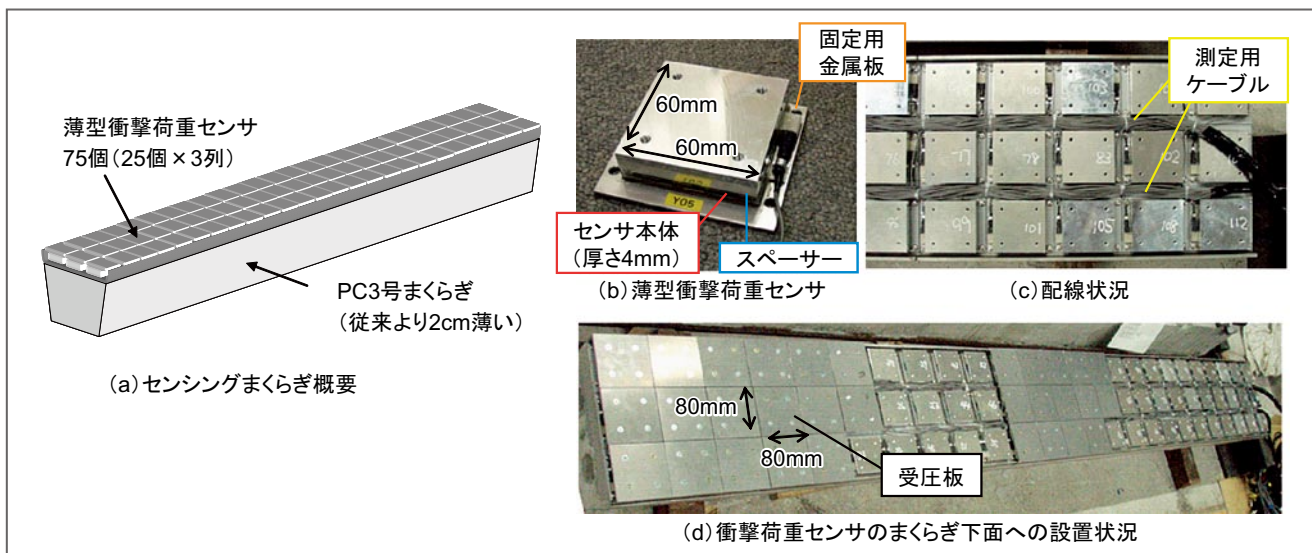


図1 センシングまくらぎのしくみ

発明余話

荷重センサの取り付けにあたっては、センサが互いに接触しないように、しかもセンサの隙間に碎石が挟まらないように正確な位置に固定する必要があります。本まくらぎでは、まくらぎ下面に一致する金属製ユニット板を用意し、そのユニット板にあらかじめ75個のセンサを一体構造として固定し、その一体構造をまくらぎに取り付けることで、センサを正確な位置に取り付けています。

また、たくさんのセンサを使うと配線の引き回しが邪魔になりがちです。本センシングまくらぎでは、センサの表面に保護用の受圧板(8cm×8cm)をとりつけていますが、センサ本体を受圧板よりわずかに小さめの6cm×6cmサイズで製作し、受圧板の背面に格子状の小スペースを確保しました。その空間を配線用に用いており、配線が全く見えないすっきりした外観になりました。

開発したセンシングまくらぎの営業線での測定例についてご紹介します。本まくらぎは寸法・強度とも従来品とほぼ互換であり、既設のまくらぎと入れ替えて通常の締結装置にて軌道に固定するのみで設置が完了します。

図2は、特急車両の先頭台車が速度125km/hで通過した際の、まくらぎ下面荷重がピークとなる、時刻1秒から1.01秒間でのまくらぎ下面荷重の分布です。まくらぎ下

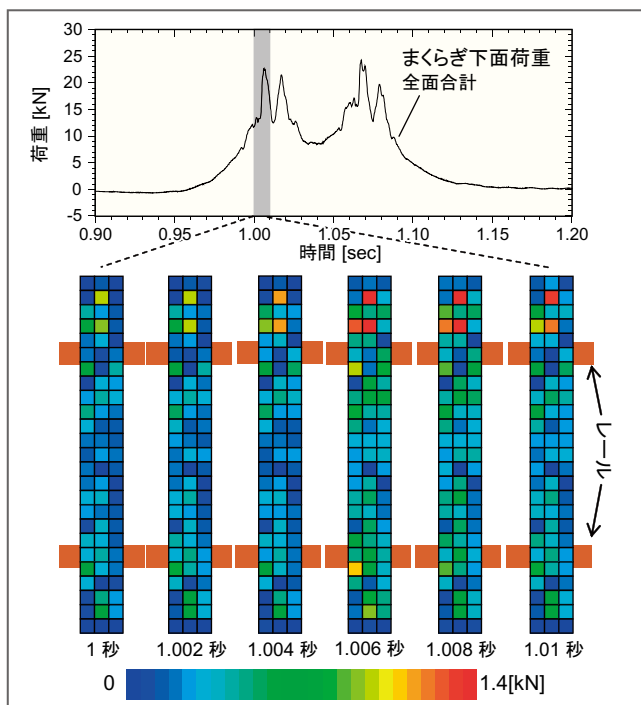


図2 まくらぎ下面荷重の分布(時刻歴応答)

《権利メモ》

発明の名称：まくらぎ下面応力計測用センシングまくらぎ

概要：超薄型圧電フィルム式荷重センサをユニット板にて連続平面を有する一体構造としてまくらぎ底面に固定し、衝撃荷重の平面分布特性を直接的に精密測定するセンシングまくらぎ。

出願番号：特願2007-66027 (2007.3.15)

公開番号：特開2008-224564 (2008.9.25)

総発明者：相川 明, 名村 明

面の荷重は、場所的にばらつきが大きく、荷重が一部の接触点に集中して作用していることがわかります。

図3は、周波数毎のまくらぎの変形と、それに伴うまくらぎ下面荷重の分布の変化を抽出したものです。図は860Hzの例ですが、この周波数では、まくらぎがW字型の3次曲げモードに近い形で振動していました。実際のまくらぎでは、いろいろな周波数の固有モードが重なって、碎石層に動的荷重を伝達していることが、本測定結果より明らかになりました。

本稿では、道床バラストに作用する動的荷重を測定するためのセンシングまくらぎについて紹介しました。本特許が、軌道破壊のメカニズム解明の一助となれば幸甚です。

(鉄道力学研究部 軌道力学 相川 明)

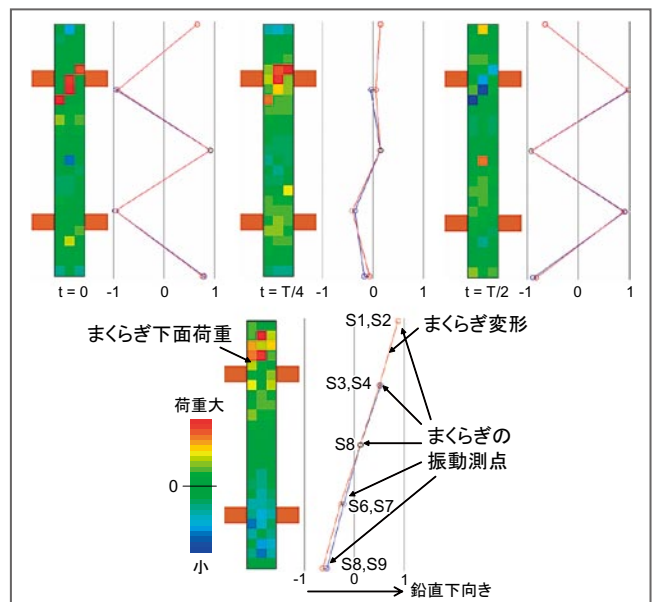


図3 まくらぎ変形状と下面荷重の分布(860Hz)