

並まくらぎ腐食判定のための打撃基礎試験

JR 西日本 土木学会 正会員 ○塩見 環
JR 西日本 土木学会 正会員 鈴木 喜也

1. 目的

並まくらぎの劣化・腐食に伴い、締結装置の支持力が低下すると軌間保持ができにくくなるため、安全確保のために並まくらぎの不良判定は重要な仕事である。現状は、人が見て打音等でその劣化腐食判定を行なっているため、多大な労力を有しており、また、検査結果に個人差が大きいといった問題がある。そこで、個人差の排除ならびに省人化を目的として、まくらぎを加振すれば劣化・腐食の程度によって振動特性に差があるのではないかと。また、まくらぎに接触しているバラストの影響はあるのかを調査する目的でまくらぎ打撃基礎試験を実施したのでその内容について報告する。

2. 振動解析の理論

インパルスハンマーにて、並まくらぎを加振し、その応答を検出して系の振動を実測し、周波数応答関数（FRF）を求めるとともに、その固有の特性（固有振動、減衰及び留数）を同定する手法である。

周波数応答関数（FRF）は(2.1)のように示される。ここでは、入力をハンマー加振力、応答を加速度出力とする。

$$[H]_{ij} = \frac{[X]_i}{[F]_j} \quad (2.1)$$

$[X]$: 応答関数 $[F]$: 励振関数 $[H]$: 周波数応答関数 i : 応答点、 j : 加振点

周波数応答関数はさらに式(2.2)のように表現でき、固有の特性を求めることができる。留数は、モード分離を行なった後のモード形状（無次元量）として表現される。(2.3)

$$[H] = \sum_{k=1}^n \left\{ \frac{1}{\sigma_k + i 2\pi f_k + i 2\pi f_k} [R^*]_k + \frac{1}{\sigma_k + i 2\pi f_k - i 2\pi f_k} [R]_k \right\} \quad (2.2)$$

$$[R]_k = \begin{bmatrix} X_{1X1} & X_{1X2} & X_{1X3} & \cdots & X_{1Xn} \\ X_{2X1} & X_{2X2} & & & \\ X_{3X1} & & & & \\ \vdots & & & & \\ X_{nX1} & \cdots & \cdots & \cdots & X_{nXn} \end{bmatrix}_k \quad (2.3)$$

ここで、 k : k 次のモード、 f_k : 共振周波数、 ζ_k : 減衰比、 $\sigma_k = 2\pi f_k \zeta_k$ 、 $[H]$: 周波数応答関数
 $[R^*]$: 留数（負周波数帯）、 $[R]$: 留数（正周波数帯）、 i : 虚数

3. 試験方法

並まくらぎの劣化・腐食の程度及びバラストの影響を把握するために、試験測定ブロック図を図1に示す。インパルスハンマーで並まくらぎを打撃し、その振動を加速度計で測定するものである。

試験条件は、本線軌道上での、通常状態、総つき固め後、犬釘抜き後と当該まくらぎを交換して基地でまくらぎ下面をコンクリート、土、バラストにして交換直後と湿潤で測定した。

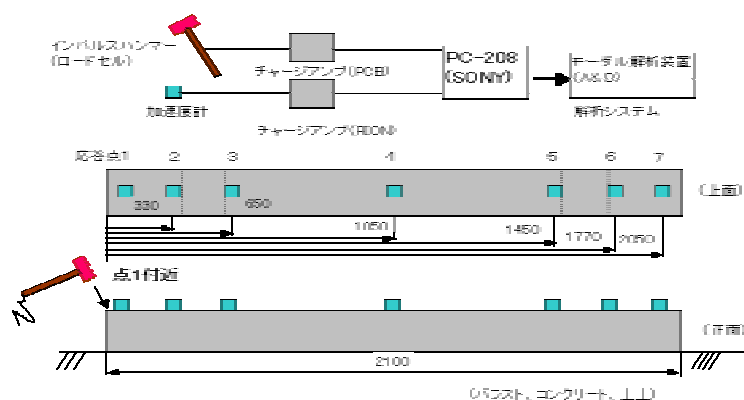


図-1 試験ブロック図

キーワード 並まくらぎ 腐食 打撃試験 振動解析

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社 技術部 TEL06-6376-8136

4. 打撃基礎試験結果

本測定装置で測定し、解析した結果を図2～5に示す。図2は、本線において良、劣化、不良の三段階のまくらぎについて試験した結果である。良まくらぎについては、530Hz、800Hzに卓越した周波数が存在するが、他のまくらぎには卓越した周波数は見られなかった。またどの段階のまくらぎにおいても突き固めを実施するとFRFが低下する。特に良まくらぎにおいては著しい低下となった。これは、バラストがまくらぎに接触するとそこから振動が減衰するものと考えられる。犬釘の有無についてはやや振幅が小さいかという程度であり、優位な差はなかった。

図3は、良まくらぎを交換後バラスト、土、コンクリの上において打撃試験をした結果である。本線で卓越した周波数530Hz、800Hzがコンクリ、バラスト、土ともにFRFで約2倍の強さで現れている。また、300Hzにも卓越した周波数が現れている。湿潤状態にしても、卓越した周波数に変化はなかった。

図4は、劣化まくらぎの試験結果であるが、本線においては卓越した周波数は現れなかったが、基地試験においては300、500、700、900Hzに卓越した周波数が現れた。また、湿潤状態にしても卓越周波数は変わらなかった。FRFの大きさは良まくらぎに比べて小さくなっている。

図5は、不良まくらぎの結果であるが、本線においては卓越した周波数が現れなかったが、基地試験においては480、600Hzに卓越した周波数が現れた。しかし、そのFRFは良、劣化まくらぎに比べて小さくなっている。また、900Hz付近に卓越した周波数があるが、土の上では反応するが、バラストの上では卓越した周波数とならなかった。

5. まとめ

並まくらぎの打撃基礎試験を行なった結果、突き固め後のFRFの減衰、本線では卓越した周波数ははっきり現れなかったが、基地で下面だけの接触にすると卓越した周波数が現れることより、並まくらぎの打撃振動の伝播にはバラストの接触状態が大きく影響すると考えられる。また、上面の打撃を測定しているため、並まくらぎのひび割れ状態が大きく影響すると考えられる。

本稿においては並まくらぎの打撃基礎試験について述べたが、まくらぎの劣化状態にはいろんな状態があり今後、更なる知見の蓄積が必要と考えている。ここで、本手法の試験を実施するに当たり、鉄道総研車両振動研究室のご指導を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 加川 幸男ほか モード解析入門 オーム社
- 2) 田中基八郎ほか 振動モデルとシュミレーション 応用技術出版

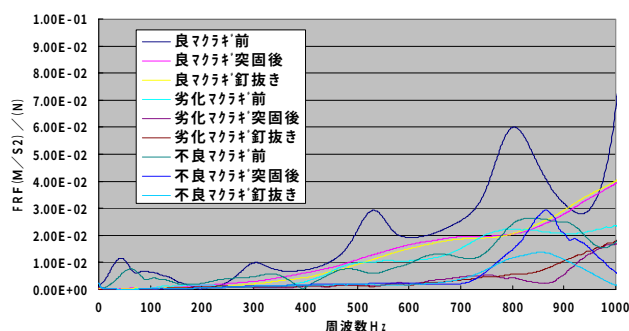


図2 本線上の応答点6箇所における変化

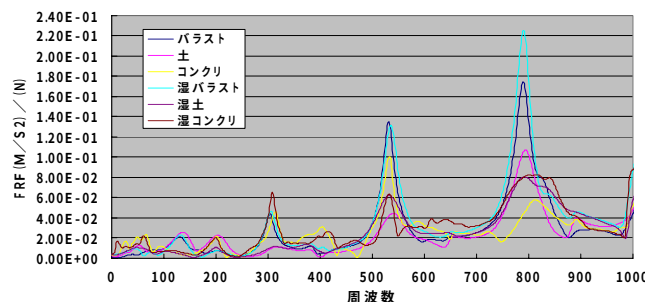


図3 良まくらぎ応答点6の基地試験結果

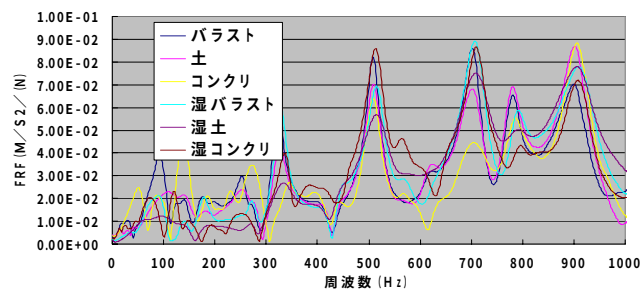


図4 劣化まくらぎ応答点6の基地試験結果

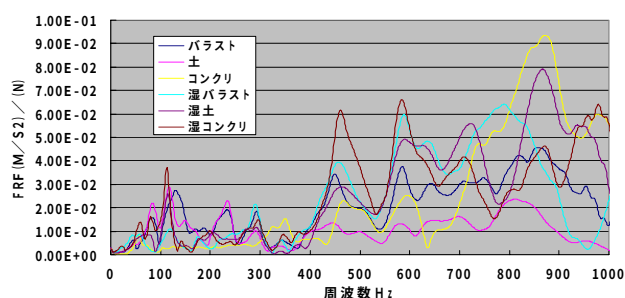


図5 不良まくらぎ応答点6の基地試験結果