

音声レコーダーを活用した鉄まくらぎの充填状態良否の検討

日本貨物鉄道(株)

正会員 ○湯浅 昭

日鉄住金テックスエンジ(株)

津末 佳朋

北海学園大学

正会員 上浦 正樹

1. はじめに

鉄まくらぎは開放形状（おわん形で空洞となっている）であり，この内部をバラストで充填して所定のまくらぎの剛性を確保している．しかし開口部が下向きに敷設されるので外観からは充填状態の良・不良の判定ができない．一方，鉄まくらぎの上面をハンマーなどで打撃すると，熟練した技術者であれば発生する音を聞き分け，相対的に高音であれば充填状態が不良であると判断している．そこで，この判断基準を明確にすることを目的に，本研究では鉄まくらぎを打撃し発生する音を音声レコーダーで記録しその波形データを解析して，充填状態の良否を検討することとした．

2. 打撃音の測定方法

試験に使用した音声レコーダーは一般に使用されているもので OLYMPUS 製（LS-P2）であり，測定範囲は 20Hz～20 kHz，最大耐音圧は 140dBspl である．この装置をそのまま鉄まくらぎの近傍で使用すると打撃音の音圧が大きすぎ収録できない．そこで，吸音材で本装置を囲み打撃音のみを収録することとした．防音の方法は建築の防音壁に見られる 2 重構造の内部に粒状材を用いる方法を参考に，本装置を収納できるボックスを用意し，これをさらに大きなボックスに入れてその間の空間を標準砂で満たすものとした（図-1）．また小型 FWD を用いて質量 15kg の重錘を高さ 40cm から落下させることで，鉄まくらぎに打撃のエネルギーを一定とした．ここで加速度計（東京測器製：最大 50m/s²）により打音発生元である鉄まくらぎ上面の振動を測定し卓越周波数を求め，このときの打撃音を音声レコーダーで測定し，同様に卓越周波数を求めた．これらの結果から 200Hz 以下の卓越周波数はほぼ一致した．



図-1 防音方法

3. 試験

室内試験では縦 2.5m，横 1.5m，深さ 0.5m の土槽にフランジ下面から 20cm までバラストを敷設し 1 本の鉄まくらぎを設置した．充填状態は，鉄まくらぎ内にバラストがないケース（充填率 0%）を不良とし，バラストを満たしたケース（充填率 100%）を良とした．この両方の鉄まくらぎ上面に質量 15kg の重錘にセットした小型 FWD を用いて高さ 40cm から重錘を落下させ，その近傍にセットした音声レコーダーで発生した打撃音を収録した．この打撃音の時系列データに対し FFT による周波数解析を行った．図-2 は充填が良のケースであり，卓越周波数は 60Hz 付近にあり，100Hz を超えるとほぼ 0 に近い．また，図-3 は充填が不良のケースであり，卓越周波数は 60Hz 付近と 100Hz 以上でも卓越周波数は存在している．図-2 と図-3 の比較から 60Hz 付近は充填状態に関係なく発生し，100Hz 以上では鉄まくらぎの充填不足が関係しているものと推定される．

次に，現場試験は JR 貨物札幌貨物ターミナルにおいて木まくらぎが連続 5 本に後に鉄まくらぎ 1 本をパターンとして 6 本に 1 本ごとに鉄まくらぎを敷設する軌道構造からなる荷役線に対し室内試験の同様な方法により鉄まくらぎを打撃し，打撃音を収録した．充填状態の判定は FWD による沈下量が 500kN に対して 0.25mm 以下を良とし，0.5mm 以上を不良とした．また，室内試験と同様に周波数解析を行った．その代表的なケースのうち，図-4 は充填状態良であるが，室内試験と同様に卓越周波数が 60Hz～90Hz 付近であり，100Hz を超

キーワード 鉄まくらぎ，音圧，dB，小型 FWD，FFT

連絡先 〒003-0029 北海道札幌市白石区平和通 16 丁目北 10-16 日本貨物鉄道株式会社 北海道保全技術センター TEL011-865-1883

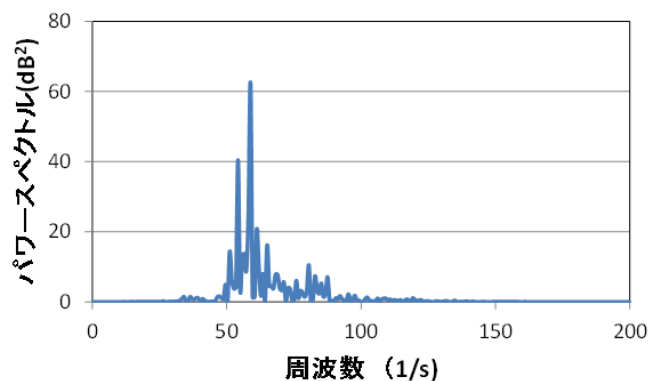


図-2 充填状態 良 (室内試験)

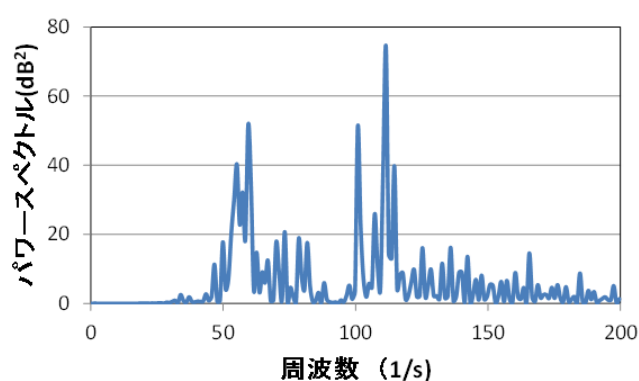


図-3 充填状態 不良 (室内試験)

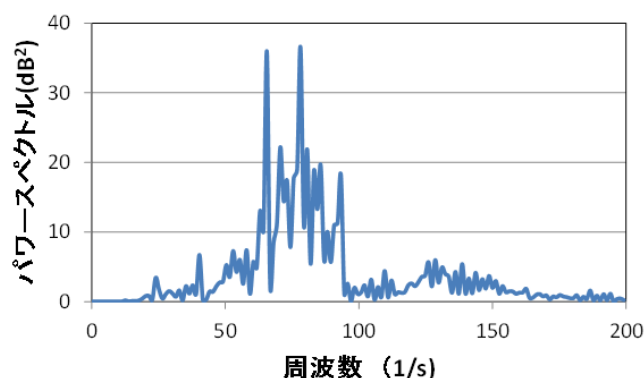


図-4 充填状態 良 (現場試験)

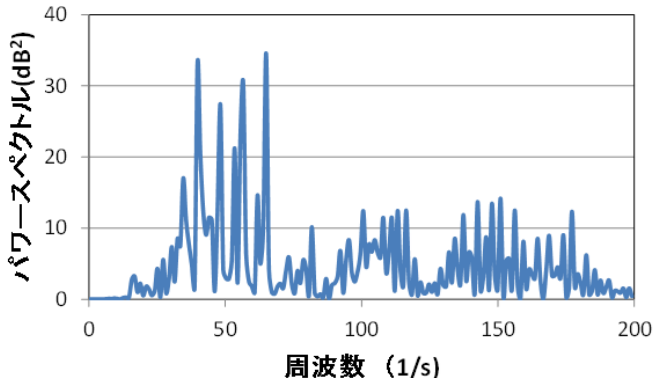


図-5 充填状態 不良 (現場試験)

表-1 レベルに対応する周波数

1	2	3	4
20Hz～60Hz	60Hz～100Hz	100Hz～140Hz	140Hz～180Hz

表-2 レベルごとの比率 (室内試験)

レベル	1	2	3	4
良	0.53	0.43	0.04	0.00
不良	0.26	0.21	0.41	0.13

表-3 レベルごとの比率 (現場試験)

レベル	1	2	3	4
良	0.13	0.65	0.14	0.08
不良	0.38	0.19	0.22	0.21

えるとほぼ0に近くなった。また、図-5 は充填状態不良であるが、室内試験と同様に鉄まくらぎ自体の振動（40～60Hz 付近）と鉄まくらぎの充填不足が関係していると推定された卓越周波数（100Hz 以上）が見られた。

4. 打撃音による充填状態の判定

音の強さ I は一定の面積 (A) を通過する音の単位時間あたりのエネルギー W (J/s) から $I=W/A$ となる。一方、音の強さ I と音圧 p の関係は $I=p^2/\rho c$ である。ここで ρ は空気密度、 c は音速とする。音声レコーダーで収録される音圧の出力値は単位が dB であるが、この値は音圧 $20 \mu\text{Pa}$ に対する対数比であるので、出力値の音圧は自動的に計算できる。よって本研究における FFT による周波数解析ではパワースペクトルは音圧の 2 乗 (p^2) に比例すると見なすことができることから、20Hz～180Hz の周波数帯域を 4 区分しレベルとした(表-1)。

各レベルでパワースペクトルの平均を求め、20Hz～180Hz の全体に対する比率をレベルごとの比率とした。表-2 は室内試験、表-3 は現場試験を示す。これから充填状態が良と不良と比較するとレベル 1 とレベル 2 よりも高音であるレベル 3 とレベル 4 で不良の比率が高いことが認められた。以上より鉄まくらぎの充填状態の良否判定で音声レコーダーの活用が確認された。

参考文献：守田栄「新版騒音と振動防止」オーム社、1974