

膜振動に着目した定量的な浮きの診断手法について

正会員 J R 東日本 ○後藤 英之

正会員 J R 東日本 橋内 真太郎

シンクロ(株)山口 英俊

1. はじめに

従来トンネル検査の手法として、人間のハンマリングによる打音検査が取られてきた。しかし音を聞き分け、手応えの違いによる判断は個人の経験の差に左右され、かつ定量的な判断を困難にしてきた。このたびトンネル壁面の曲げ波に着目し、モルタル吹付け部などの浮きについて定量的に診断する、基礎的試験を実施したのでその内容について報告する

2. 解析周波数帯域の設定と広帯域フィルタ

ハンマリングによる弾性波の縦波は、トンネル覆工部を直進する際大きく減衰する。しかし表面近くの浮きによる剥離部では縦波を遮断する例が多い。また FFT など周波数解析には変状部周辺や変状の小さな場合、打音の周波数変化を観測できないことが診断を困難にしていた。そこでトンネル壁面などの浮き検査にあたり、浮き部が板状に振動する膜振動の曲げ波を捉えることにした。この曲げ波周波数は、コンクリートの場合、板厚 5~10cm で 300Hz から 2200Hz の範囲に分布することが知られている(表 1)¹⁾。

このため板厚ばらつきなどを含め振動周波数は、広い周波数帯域に拡散している可能性が高い。従来のバ

板厚	周波数帯域(Hz)		
	下限	中心	上限
5cm	400	1000	2200
10cm	300	700	1400

ンドパスフィルタは 1/2 ~ 1/8 オクターブという狭帯域フィルタであり、拡散している波の観測には向いていない。このため広帯域(2 オクターブ以上)のフィルタ(BBF: ブロードバンドフィルタ)を用いることにした。

表 1 コンクリートの曲げ波と板厚と周波数の関係

3. 測定方法

測定現場と測定箇所は、煉瓦ブロックに適度な「浮き」を認められる経年 6 7 年の単線トンネルの壁面およびモルタル吹付け部とした。(写真 1)図 1 にデータ処理フローを示す。ハンマリングの打音をマイクロフォンで採取しデジタル化する。デジタルデータを BBF によって変換し S/N 比を改善した後、二乗平均(移動平均)により波形の輪郭を抽出し特徴化する。大きく上下する輪郭波形は、聴覚には響き音として捉えられる。浮き変状のレベル分けは、熟練者による打音の聞き取りで判定した。

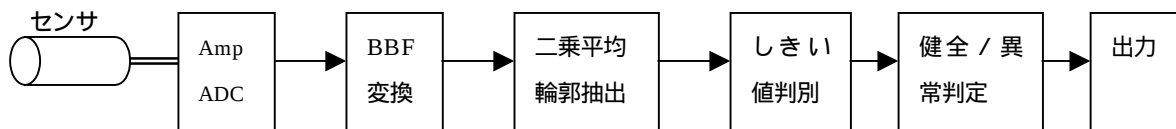


図 1 データ処理フロー

4. 解析結果

モルタル吹き付け部に関する輪郭波形を示す。図の縦軸に音圧(パワー)をとり横軸に時間をとって表示し

キーワード; 膜振動、曲げ波、BBF、打音検査

連絡先; 〒331-9555 埼玉県大宮市錦町 434 番 4 J R 東日本大宮支社設備部設備土木課 TEL048-642-7406

た。図の水平線は判定のためのしきい値である。図2は健全部分、図3はやや浮きぎみ部分、図4は完全な浮き部分の解析結果である。特に図3は聴覚では判別しにくい部分である。性状判定はしきい値を超過した回数により確実に危険度を決定することができる(表2)。煉瓦ブロック壁の浮きでも全く同じ傾向を観測した。取得データの周波数範囲は600Hz～2800Hzであり、変状深さなどとの相関は薄かった。

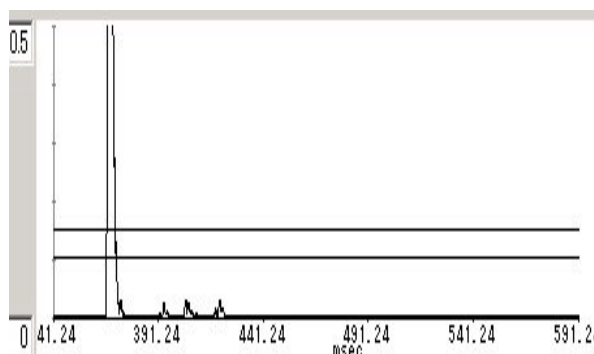


図2 健全部分

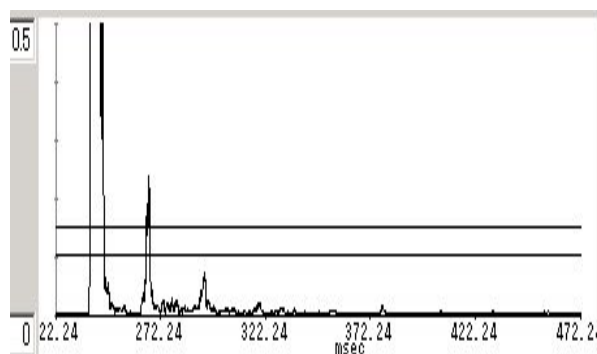


図3 やや浮きぎみ部分

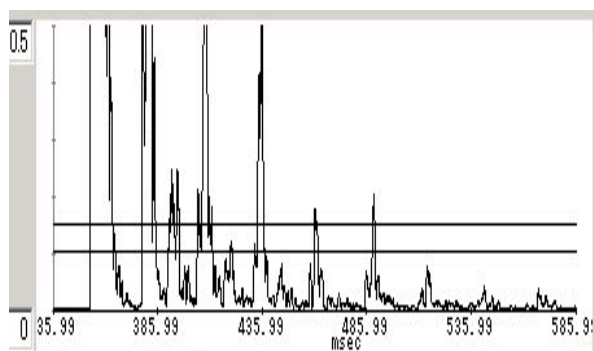


図4 完全な浮き部分



写真1 測定状況

状態	しきい値超過回数
健全部	1
浮きぎみ部	2～3
浮き部	6～7

表2 しきい値超過回数

5. 考察

ブロードバンドフィルタ(BBF)により深さ(浮き厚み)や材質、変形形状による周波数の違いを無視できるため、すべて同じ条件で測定し判別することができた。実測データの周波数範囲と表1とを比較すると、より薄い変状部の高い周波数に対応する必要がある、今後は300Hz～2800HzをカバーするBBF(帯域3オクターブ強)の開発を必要とする。聴覚で判別しにくい浮きに関しても定量化できる可能性が大となった。今後一定力で打撃できるインパクトの開発や計測データの増加によって広く共通化できる波形処理パラメータを決定してゆき、これまでの熟練者による打音検査を超える点検技術を目指したい。