

VI-42 実観測波形からみたトンネル掘進振動速度と振動レベルとの関係について

日本道路公団	正会員○中原浩昭
資源環境技術総合研究所	正会員 国松 直
日本国土開発(株)	正会員 宮地明彦
山口大学工学部	正会員 中川浩二

1. はじめに

従来、発破振動の影響評価は構造物が主体であり、構造物の被害と相関がよい振動速度波形中の最大速度振幅(PPV(cm))を用いた評価が行われてきた。

一方で公害振動に対する評価については昭和51年12月から施工された振動レベルによる評価が主体である。そのため、発破振動が公害振動として問題になる場合には、その評価については従来の最大速度振幅による評価と振動レベルによる評価の両方について行う必要性が高まってきている。

本研究では速度波形中の最大速度振幅を用いて振動レベルを算出するときに考慮しなければならない要因を明らかにし、それらの要因の定量的な評価を試みたものである。

2. 周波数領域での振動感覚補正による速度波形からの振動レベル算出法

筆者らは周波数に対する補正を振動感覚補正回路、遮断特性回路、継続時間に対する補正を指示特性回路とし差分方程式の形でこれらの回路を表現し、振動レベル計のレスポンスを数値的にシミュレートできる計算機プログラムを作成した。この方法によって求められた振動レベルを VL_A とする。

一方、本研究では振動速度から振動レベルを算出するプログラムを作成した。振動レベル計は加速度波形に対して図-1の周波数特性を有しているがこれを速度波形に対して表せば図-2のように表すことができる。

周波数 8Hz~90Hzまでの相対レスポンスは加速度に対して -6dB/octであり、周波数領域の対するこの特性は時間領域での積分特性を表している¹⁾。このことは発破振動の周波数成分が 8Hz~90Hzの成分のみである場合には速度波形を振動感覚補正された波形とみなして振動レベルを算出することが可能であることを示している。本研究では、図-2の 8Hz以下、および 90Hz以上の周波数成分に対して、以下の手順によって補正を行った。①速度波形のデジタル記録をフーリエ変換し、各周波数のフーリエ振幅 F_o を求める。②図-2の相対レスポンスに従って補正を行う。③フーリエ逆変換する。④補正後の速度波形を指示回路特性を有するプログラムの入力として振動レベルを求める。以上の手順により得られる振動レベルを VL_v とする。このようにして算出された振動レベルの値が VL_A と1dB以内の差で等しいことを確認した。またこの 8Hz以下、90Hz以上の周波数成分が振動レベルの大きさに与える影響を調べるために図-2の相対レスポンスに対して 8Hz以下、90Hz以上の相対レスポンスをそれぞれ平坦特性とした振動レベルを算出した。前者を VL_1 、後者を VL_2 とする。

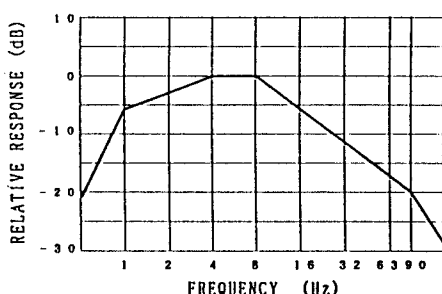


図-1 加速度に対する相対レスポンスと周波数の関係

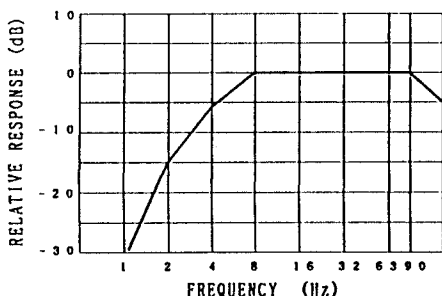


図-2 速度に対する相対レスポンスと周波数の関係

3. 実測速度波形を用いた振動レベルと最大速度振幅の係に影響する要因

3.1 速度波形に対する周波数補正の影響

本研究では地質の異なるA、B、Cのトンネルの振動記録をもとに VL_v 、 VL_1 、 VL_2 を計算し、周波数成分の補正量の程度とばらつきについて検討を行った。各トンネルの8Hz以下の周波数補正による振動レベル補正量、90Hz以上の周波数補正による振動レベル補正量の関係を図-3と図-4に示す。●は平均値を表し、線分は標準偏差を示している。図-3でCトンネルは8Hz以下の周波数補正量が0.8dB程度で、また、補正量のばらつきが大きい。これは、Cトンネルで測定された振動波形の卓越周波数が図-5のように8Hz以下の部分に存在していることと、観測点が多点にわたり、地盤状況が同一でないことがあげられる。図-4で90Hz以上の周波数補正量はAトンネルで1.8dBであるがBトンネル、Cトンネルの補正量は小さい。これはAトンネルでは振動波形に含まれる90Hz以上の周波数成分が図-6のように多いためである。今回の結果より8Hz以下の周波数補正量は0dB～0.8dB程度、90Hz以上の周波数補正量は0dB～1.8dB程度の影響があることが判明した。

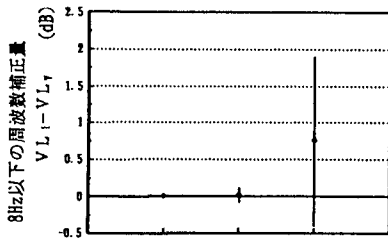


図-3 8Hz以下の周波数補正量

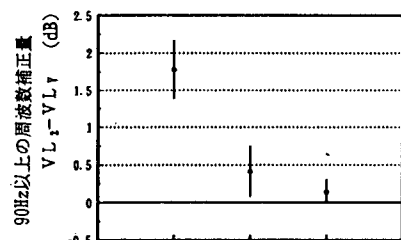


図-4 90Hz以上の周波数補正量

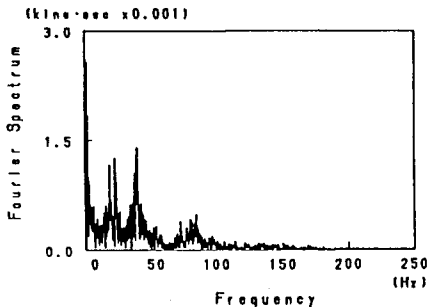


図-5 Cトンネルの振動のスペクトル例

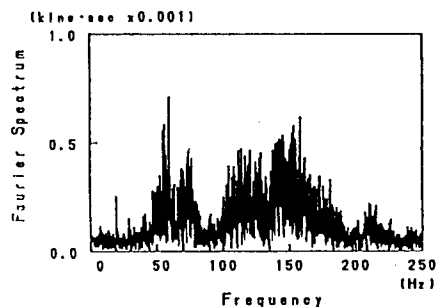


図-6 Aトンネルの振動のスペクトル例

3.2 速度波形から振動レベルを求めるための基本的な考え方

本研究で得られた成果を基に、従来の研究結果も踏まえて最大速度振幅から振動レベルを推定するための基本的な考え方を示すと大略次式のようになる。

$$VL = 20 \cdot \log(PPV) + 85 + 10 \cdot \log(1 - \exp(-Td/0.63)) - \text{周波数特性補正量} + \text{波形特性補正量}$$

上式右辺第3項までは振動の周波数範囲が8～90Hzと仮定した単発発破による振動速度波形に対して成立する¹⁾。ここで、距離が50m～300mではTdは0.1sと仮定してよい。振動速度波形から振動速度レベルを精度よく予測するためには上式の第4項、第5項の補正量を考慮する必要がある。第4項の周波数特性補正量については今回の結果等を参考に各現場毎にその補正量を検討する必要がある。第5項の波形特性補正量については段発発破の振動波形が振動レベルに与える影響であり、速度波形の初期に最大速度振幅を生じ、後段の振幅が比較的小さい速度波形に対しては、補正量0dB、速度波形全体にわたって各段の振幅が一定であるような波形に対しては+6dBの補正量を考慮すればよく、一般的には(0～6dB)の範囲の値をとることになる。

参考文献 1) 国松 直・三浦房紀・今村 威・中川浩二:速度波形を用いた振動レベルの推定、土木学会論文集、第391号、pp489-501, 1988.