

高性能自在制御発破工法を用いたトンネル発破における低周波音の低減方策

西日本高速道路株式会社 正会員 ○前田 佳克 福島 博文 荒木 武雄
鹿島建設株式会社 正会員 渕先 弘一 影山 心 北村 義宜

1. はじめに

発破による振動の影響を低減させるため、従来から段発電気雷管を用いた分割発破や電子雷管を用いた制御発破による斉発薬量の抑制が図られてきた¹⁾が、段発電気雷管は雷管自体の精度が悪いため意図したほどに斉発分離ができず、電子雷管は秒時間隔が30msに固定されているため、斉発分離した孔分だけ発破振動や発破騒音の持続時間が長くなるという欠点を有していた。このため、最大500段までの段発が可能で、かつ1ms刻みで秒時間隔を任意に設定できる高性能自在制御発破工法を用いた試験発破を実施し、確実な斉発分離による振動抑制と発破持続時間の短縮が可能であることを確認した²⁾。

またこの試験発破にて適切な秒時間隔を設定することにより、防音扉や防音壁の能力を最大限に活用し、効果的に低周波音を低減することが可能と判明したので、本文ではこの結果を報告する。

2. 高性能自在制御発破工法の特徴と低周波音の卓越周波数

高性能自在制御発破工法で用いる電子雷管の特徴³⁾を以下に示す。

- ・任意の秒時設定が可能
- ・最大500段の段発
- ・秒時精度は設定遅延秒時の±0.01%
- ・1ms刻みで秒時間隔を設定可能

図-2は秒時間隔を一律17msとして発破した際に坑内で計測した音圧レベルをスペクトル解析した結果を示している。この結果より、秒時間隔17msの逆数である59Hz(≒1000ms/17ms)の音圧レベルが卓越していることが確認できる。

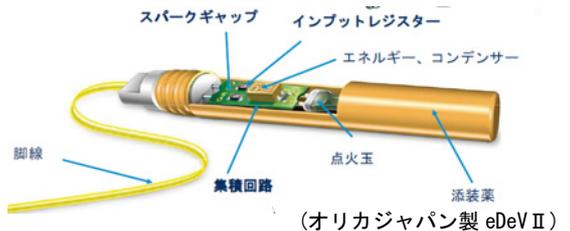


図-1 電子雷管の構造概要

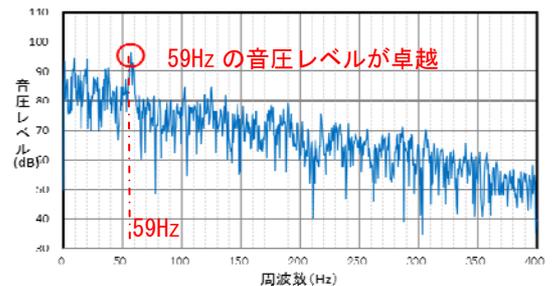


図-2 音圧レベルのスペクトル解析結果 (秒時間隔17msとした際の計測結果)

3. 秒時間隔と住宅地における低周波音レベルの関係

図-3に示す位置で秒時間隔の異なる発破を行い、住宅地の観測点G~Kにて低周波音レベルを計測した。このときの発破諸元を表-1に示す。また図-4は坑外距離と低周波音レベルの関係を秒時間隔ごとにグラフ化した結果を示している。秒時間隔を一律17msとした場合が住宅地における低周波音レベルが最も小さくなっており、秒時間隔によって住宅地における低周波音レベルが異なることが分かる。

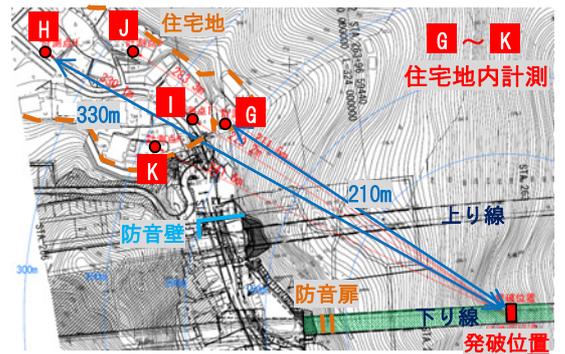


図-3 発破位置と低周波音の観測点

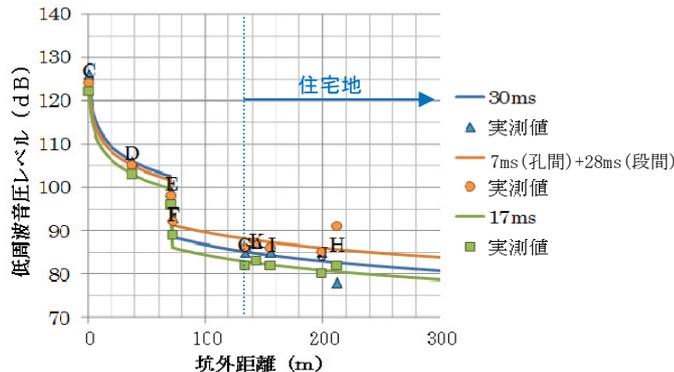


図-4 秒時間隔別の坑外距離と低周波音レベルの関係

表-1 試験発破諸元

試験回数	秒時間隔	孔数	最大斉発薬量	総装薬量	持続時間
1回目	一律 30ms	72	0.6kg	35.0kg	2.26 秒
2回目		72	0.6kg	24.3kg	2.26 秒
3回目	孔間 7ms	73	0.6kg	22.8kg	0.68 秒
4回目	段間 28ms	63	0.6kg	23.4kg	0.68 秒
5回目	一律 17ms	68	0.6kg	24.6kg	1.14 秒
6回目		64	0.6kg	14.7kg	1.07 秒

キーワード：トンネル,制御発破,低周波音,秒時間隔

連絡先：〒569-1133 大阪府高槻市川西町 2-10-20 西日本高速道路(株) 関西支社 新名神大阪西事務所

Tel : 072-655-9936 Fax : 072-655-9901

4. 防音設備による周波数別の減音効果

防音設備による周波数別の減音効果を調べるため図-5 に示す位置にて発破を行い、周波数別の低周波音レベルをヤード内の観測点 (A~D) で計測した。なお、観測点 A~B には防音扉、観測点 C~D には防音壁が介在している。

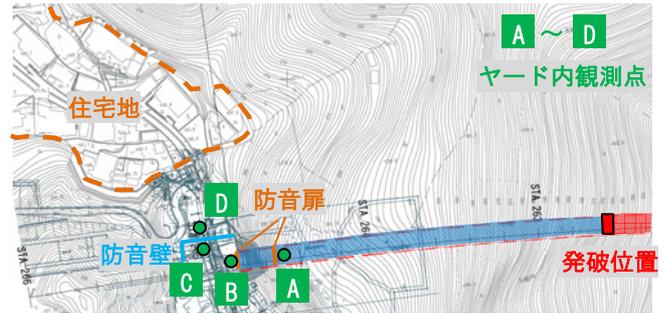


図-5 発破位置と低周波音の観測点

観測点 A と B の差分により防音扉による周波数の別減音効果を、観測点 C と D の差分により防音壁による周波数の減音効果を算出した結果を図-6 と図-7 にそれぞれ示す。同図から防音扉は 6.3~40Hz, 防音壁は 20~40Hz の周波数域で減音効果が得られにくいことが分かった。

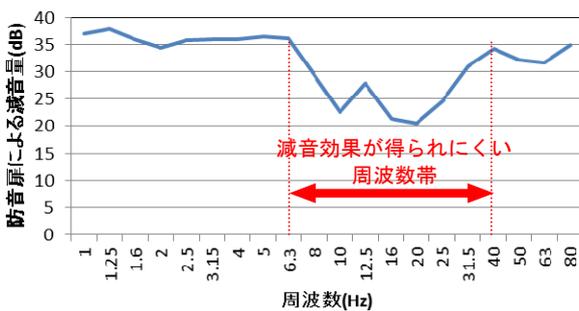


図-6 防音扉による周波数別減音量



図-7 防音壁による周波数別減音量

5. 秒時間隔により低周波音レベルに違いが生じる原因

秒時間隔の異なる発破を行った結果、秒時間隔を一律 17ms に設定した場合の住宅地における低周波音レベルは秒時間隔を一律 30ms に設定した場合よりも小さくなった。これは、秒時間隔を一律 30ms とすれば、33Hz (≒1000ms/33ms) 付近における音圧レベルが卓越することで、防音扉および防音壁による減音効果が得られにくくなる一方、17ms (≒1000ms/17ms) 付近はいずれも十分な減音効果が得られる周波数域にあることに起因すると考えられる (図-8 参照)。

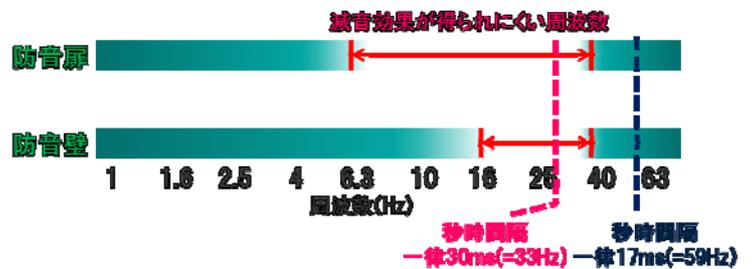


図-8 防音設備による減音効果が得られにくい周波数帯と低周波音が卓越する周波数の関係

6. まとめ

高性能自在制御発破工法は秒時精度がきわめて高く、かつ秒時間隔を任意に設定できることを特徴としている。このため秒時間隔を一律に設定すれば、低周波音が卓越する周波数と秒時間隔の関係が明確になり、低周波音の低減に効果的な秒時間隔を合理的に検討することができる。

本検討では、防音壁や防音扉は減音効果が得られにくい周波数域と得られやすい周波数域が存在することに着目し、減音効果が得られやすい周波数帯と低周波音の卓越周波数が一致するような秒時間隔を設定することで、防音設備の能力を最大限活用し、低周波音圧レベルを低減することが可能であることを示した。

参考文献 1) 日本火薬工業会：あんな発破 こんな発破 発破事例集 平成14年3月
2) 前田 佳克ほか：高性能自在制御発破工法を用いたトンネル発破における振動速度に関する考察，土木学会第69回年次学術講演会，VI-006
3) オリカ社：eDeV Technical Data Sheet