

# 市街地トンネルの防音対策

大林組 技術研究所 小出 忠男  
大林組四国支店 石橋 良夫  
大林組四国支店 野々口 剛

## 1. まえがき

従来、民家に近いトンネル工事においては、発破により発生する地盤振動と騒音、特に広範囲に影響する低周波音の「窓や戸が、がたつく」等で周辺住民の苦情が多くなっている。このため、発破に伴う騒音と低周波音対策として坑口に防音扉が設置されるが、遮音効果が充分とは言えなかった。

本報告は、市街地でのトンネル発破工事に従来の防音扉に替わる重量と剛性を併せ持ち施工性に優れた防音扉を独自に開発・適用し、低周波音に対して優れた遮音効果が得られた事例について報告する。

## 2. 規制値と予測

開発・適用したトンネル工事は、現在開通している上り線トンネルに並行して同じ大きさの下り線トンネルを市街地に施工するもので、掘削断面積約 95 m<sup>2</sup>の山岳道路トンネル（NATM）である。坑口より直近の民家Aまでは 118mである。周辺住民は上り線の工事時にトンネル発破掘削の音がどのようなものか経験しており、可聴音と低周波音の低減を厳しく求めた。そこで、民家での規制基準値を可聴音は騒音レベル 70dB（A）、低周波音は窓や戸などががたつきを始める値である低周波音レベル 90dB に設定し、発破に伴って予測される坑口と民家での低周波音レベルを筆者等の提案式<sup>1)</sup>で予測した。

$$P = 128 + 11.5 \quad L_0 g_{10} W_1 + 11.5 \quad L_0 g_{10} W_2 + 21 \quad L_0 g_{10} (L/10) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで P：距離 L での低周波音レベル（dB） L：坑口よりの距離（m）

W<sub>1</sub>：芯抜き薬量（kg） W<sub>2</sub>：芯抜き以降の段当り平均薬量（kg）

坑口での低周波音レベル予測値を、DS 雷管 15 段の上部半断面発破掘削での薬量を W<sub>1</sub> = 2.4 kg、W<sub>2</sub> = 3.263 kg、距離を 10m として求めると 138dB となる。また、防音扉からの距離 118m、221m の対象民家 A、B の値を 116dB、110dB と予測した。ここで、坑口正面の民家 B での騒音レベルは低周波音レベルとの聴感特性による差 - 20dB、坑口 45° 方向にある民家 A ではさらに騒音の指向性による差 - 15 dB を加えて低周波音レベルより - 35dB 低い値とすることとし、騒音レベル 81dB（A）、90dB（A）と予測した。これらの検討から、防音扉の遮音目標値を、低周波音レベルと騒音レベルともに 20dB とした。

## 3. 防音扉の設計

防音扉の遮音効果は、中野の簡易式<sup>2)</sup>を用いて扉のパネルの共振振動数より高い周波数（可聴音）領域を重量則（式（2））、低い周波数（低周波音）領域を剛性則（式（3））で推定されるものとし、図 - 1 に示す V 型の折線になるように設計することにした。即ち、製作する扉の遮音性能



写真 - 1 防音扉全景（坑外側）

は共振振動数で下限を示すことから音圧レベルの下限値を 20dB 以上として、高い周波数側を重量則の直線、低い周波数側を剛性則の直線に基づいて設計とした。

$$TL = 20 \log_{10} (M \times f) - 42 + S \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots (2)$$

$$TL = 20 \log_{10} (k / f) - 74 + S \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots (3)$$

ここで TL : 遮音効果 M : 面密度 (kg / cm<sup>2</sup>) k : パネ定数 (N / m)

f : 周波数 (Hz) S : 扉の大きさに関する放射効率 (20 - 10 Log<sub>10</sub> 9.5)

防音扉は、H鋼 (H - 400) を骨組とし、その中に覆工板 (H - 200) と吹付けコンクリート (厚さ 200 mm) を組み合わせた面密度 640 (kg / cm<sup>2</sup>)、パネ定数 5,180 (kN / m、爆風圧 / H鋼片持梁の撓み) のパネルとした。防音扉の全景を写真 - 1 に示す。なお、防音扉より 52m から発破掘削を実施する為、発破時の爆風圧による扉の防護として、防音扉上部に箱形の消音構造を持つ排気減圧口を設置した。

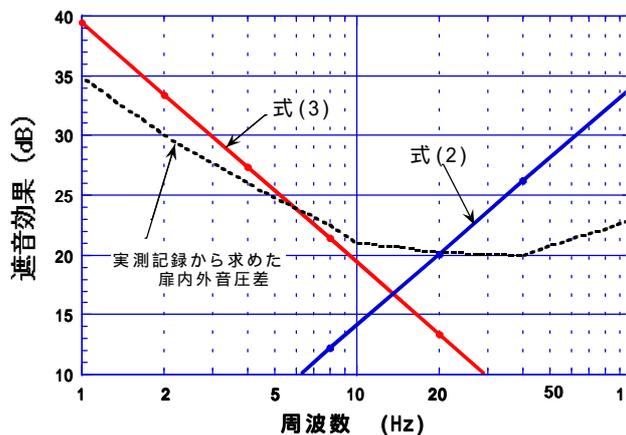


図 - 1 防音扉の遮音設計と実測の遮音効果

### 5. 防音壁の遮音効果

防音扉の遮音効果の測定は上部半断面先進掘削時の切羽が坑口の防音扉より 360m 以上進行した地点で行った。測定結果を表 - 1 に示す。ここで、1 発破の掘進長は 1m であり、EDD 雷管の秒時間隔は 60msec である。また、各周波数の

表 - 1 防音扉の低周波音レベル実測結果

測定	芯抜き薬量・段数	払い平均薬量・段数	総薬量 孔数	低周波音レベル (dB)		
				坑内	扉外正面	内外差
1	3.1kg DS - 1 段	3.1kg DS - 14 段	33.6kg 67 孔	139	118	2 1
2	3.1kg DS - 1 段	3.1kg DS - 14 段	30.1kg 63 孔	141	118	2 3
3	0.6kg EDD - 15 段	3.1kg DS - 10 段	23.5kg 65 孔	135	113	2 2
4	0.8kg EDD - 15 段	3.1kg DS - 10 段	28.8kg 65 孔	137	115	2 2

扉内外差の値を図 - 1 に破線で示す。測定の結果、(1) 式で求めた予測値は実測の低周波音レベル値に近似していた。また、対象民家 A, B では、可聴音レベルで 42 ~ 48dB (A) と 49 ~ 58dB (A)、低周波音レベルで 67 ~ 84dB と 85 ~ 88dB になり、苦情もなく上部半断面の発破掘削が可能であった。

### まとめ

・予測に用いた筆者等の低周波音レベル予測式 (1) は、民家 B での実測値に防音扉の遮音効果 21 ~ 23dB を加えた値に近い値を示しており、各段薬量が異なるトンネル発破に適用可能であることが示された。

・本防音扉は、低周波音については扉内外差で 22 ~ 23dB の遮音効果があり、118m 先の民家で発破音による窓や戸等がたつき始める低周波音レベルの 90dB 以下に低減できた。

・可聴音については 30dB 程度 (予測値との差で推定) の遮音効果があり、118m 先の民家で 60dB (A) 以下に低減できた。

・本防音扉は、既存の鋼材で製作しており、施工性・経済性にも優れている。

7. 参考文献 (1) 小出・後藤「トンネル発破時の低周波音レベルの予測式に関する検討」 土木学会第 49 回年次学術講演会 (平成 6 年 9 月) (2) 中野 有朋「入門超低周波音工学」 技術書院 (昭和 56 年 9 月)