### 発破掘削によるトンネル坑内の音圧分布の把握と音圧予測法の提案

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 〇柿木寛也 中電技術コンサルタント株式会社 正会員 石田滋樹 山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人

### 1. はじめに

山岳トンネル工法において、トンネルを掘削する場 合、作業効率やコストの観点から発破掘削が採用さ れることが多い.しかし、発破時に発生する騒音や 振動は、近隣住民に心理的・物理的被害を与えるこ とが懸念されている.そのため、現在、発破音対策 として、トンネル坑口部への防音扉の設置が一般的 に実施されている.防音扉の設置枚数や重量などの 計画においては、過去の計測によって提案されたト ンネル発破音の予測提言式 U(以下、"従来式"と略称 する)に基づいて設計されている.しかし、その従来 式は、比較的切羽から近いトンネル延長を対象とし ているものであり、その範囲を超えるトンネル延長 について、従来式の適用性は明らかになっていない.

本研究では,発破掘削で施工中の山岳トンネル坑内 に低周波音計を複数台設置し,トンネル縦断方向の 発破音の音圧を連続計測した.そして,総火薬量と トンネル坑内の音圧減衰特性を分析し,その結果か ら,従来式の適用が困難であるトンネル延長におい て,騒音レベルの予測回帰式を構築した.

#### 2. 現場計測

現場計測は、山岳トンネル工法発破掘削で施工中の 全長 2.1km の 2 車線道路トンネルにおいて、掘削延 長が 1.36~1.44km の区間の発破掘削で実施した.ト ンネル坑口には、騒音対策として 2 基の防音扉を設 置しており、総火薬量は 68.55 kg~133.65kg の範囲で あった.また、DS 雷管を使用し、段発数は 10 段で ある.発破音圧の計測方法は写真-1 に示す低周波音 計(リオン(株)社製 NA-17, NA-18)を、図-1 のよ うにトンネル坑内に約 200m 間隔で計 6 地点(P1~P6) に設置し、発破前 1 秒間と発破後 9 秒間の計 10 秒間 の音圧データを自動計測した.また、サンプリング レートを 5kHz として、39 回の発破音を計測した.

## 3. 従来式による発破騒音の予測

従来式では次式に示すように、人間の聴覚に合わせた A 特性による周波数重み付けを行い、レベル化した値である騒音レベルの予測回帰式を提案している.

*L* = *A* + 16*logw* - 16*logD* - 20*logR* + Δ*L* (1) ここで, L:騒音レベル [dB(A)], A:定数[DS 雷管 の場合:130, MS 雷管の場合:136], w:総火薬量 [kg], D:坑内距離 [m], R:坑外距離 [m], ΔL:指向性補 正値 [dB(A)]

従来式は切羽からの距離が約70~250mの計測範囲 であるのに対し、本研究の計測範囲は237~1,385m と従来式の範囲は含まれていない.本研究の実測値 を従来式に適用した結果を図-2に示す.図より、今 回の計測範囲の結果は従来式とはあまり一致してい ないことがわかる.このことから、トンネル延長の 長くなると、従来式の適用は難しく、新たな騒音レ ベル予測式が必要であると考えられる.



キーワード トンネル発破,騒音レベル,周波数 連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL 0836-85-9335

# 4. 発破音の騒音レベル予測式

### 4-1. トンネル坑内における発破音の減衰特性

図-3は総火薬量ごとに、切羽からの距離と騒音レ ベルの関係を示したものである.この図より、発破 音は総火薬量の大きさによって、音圧レベルの大き さに違いがあり、距離の増加とともに減衰傾向が認 められることがわかる.このことから、予測式の構 築においては、総火薬量と切羽からの距離を変数と して設定することとした.また、図-4 は計測点 P6 において計測された周波数ごとの騒音レベルを、高 速フーリエ変換 (FFT) によって 1/3 オクターブバン ドで累積合成し、OA 値で算出した図である.騒音レ ベルの合成式を次式に示す.

$$L = 10 \log_{10} \left( \sum_{i} 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$
 (2)

ここで、*L<sub>i</sub>*:各周波数の音圧レベル [dB(A)] 一般的に、騒音レベルの値は人間の可聴音域である 20Hz~20kHz の周波数領域で評価されるが、図-4 に 示すように、発破音の合成音圧レベルは約 500Hz ま で増加し、それ以上の周波数帯域ではほぼ一定とな る.このことから、発破音の騒音レベルは約 500Hz までの周波数帯域において、OA 値への寄与が支配的 であることがわかるため、予測式の構築においても、 500Hz 以下の音域を対象とすることとした.

### 4-2. 騒音レベルの予測式

予測式の構築では、上記の検討結果に基づいて、総 火薬量wと切羽からの距離Dを説明変数とした重 回帰分析によって、騒音レベルの予測式を構築した. 以下に分析によって得られた予測式を示す.

$$L = 120 + 28 \log w - 27 \log D \tag{3}$$

ここで,*L*:騒音レベル [dB], w:総火薬量 [kg], D:切羽からの距離 [m]

また、図-5に構築した回帰式による予測値と本研 究の計測で実施した現場における実測値との比較を 示す.図より、各地点で発生する発破音圧を比較的 よく再現できていることがわかり、重相関係数も 0.85 と高い相関を示している.ただし、この予測式 の適用範囲は、本研究で計測を行った約 200~1,400m とすべきであると考えられる.

### 5. まとめ

本研究では、トンネル坑内における発破音の騒音レ ベル予測式を構築した. 重相関係数が高い値を示し ていることからも、本研究で構築した予測式は一定 の汎用性を確保できていると考えられる.これによ り、従来の予測式の適用が難しいと考えられるトン ネル延長に対しても、騒音レベルの予測が可能とい える.しかし、発破段数や断面の大きさ、1,400mを 超えるトンネル延長など、他の条件における汎用性 は十分ではない.今後、本研究で行った条件とは異 なる現場で実験を行い、データの蓄積と分析を行う ことで、構築した騒音レベルの予測式の精度向上を 図る必要がある.

### 参考文献

 船津弘一郎,坂野良一:トンネル発破工事における 振動,騒音,低周波音の予測方法,トンネル工学研究 発表会論文・報告集第2巻,pp215~220,1992.10

