

トンネル坑口部発破掘削による周辺環境保全対策の施工実績報告

鹿島建設(株) 正 会 員 ○佐久間 啓吾
鹿島建設(株) 非 会 員 花輪 守
鹿島建設(株) 正 会 員 西川 幸一
鹿島建設(株) 正 会 員 乙竹 俊彦
東日本高速道路(株) 東北支社 鶴岡工事事務所 正 会 員 芳賀 伯文

1. はじめに

温海トンネルは、日本海沿岸東北自動車道における山岳トンネルであり、当工事は南側を坑口とし、坑口付近から硬質な粗粒玄武岩が存在している。坑口部において発破工法で掘削する際、坑口周辺にある小学校及びアパート等に与える騒音・発破振動・低周波音の影響が懸念された。

そこで、発破掘削による周辺環境の影響を推定し、騒音・発破振動・低周波音の推定値が管理値を超えないための低減対策が必要となった。本講では対策の施工実績を報告する。

2. 工事概要

工事名 : 日本海東北自動車道温海トンネル南工事
工事場所 : 山形県鶴岡市大岩川～山形県鶴岡市温海
(全長 6.022km のうち 1.6km)

3. 発破による影響予測

(1) 発破音と発破振動の管理値の設定

騒音レベルは、道路に面する地域のうち『2 車線以上の車線を有する道路に面する地域』の基準値を管理値とした。なお、管理点 A は小学校であることから、昼間の管理値のみ対象とし、管理点 B のアパートについては夜間の管理値を対象として検討した。(図-1)

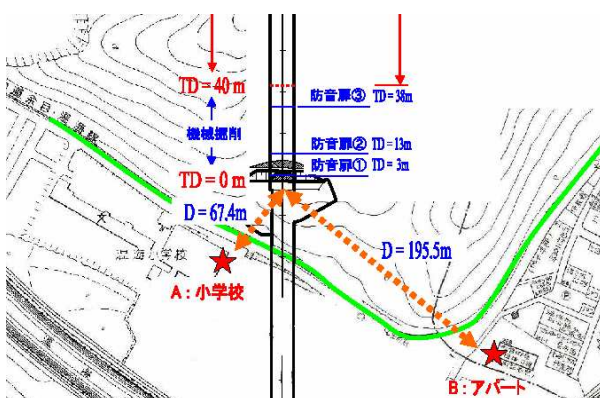


図-1 管理点と坑口との位置関係

低周波音レベルは、人が不快感を感じないとされる90dBを管理値とした。振動の変位速度は、発破掘削工法に関する研究報告文献で、振動の規制値例として最も多い0.2cm/secを管理値とした。設定管理値を表-1に示す。

表-1 騒音・振動・低周波音の管理値

時間区分	昼	夜
騒音	60dB	55dB
振動レベル	69dB	69dB
振動速度	0.2cm/sec	0.2cm/sec
低周波音	90dB	90dB
適用	管理点A	管理点B

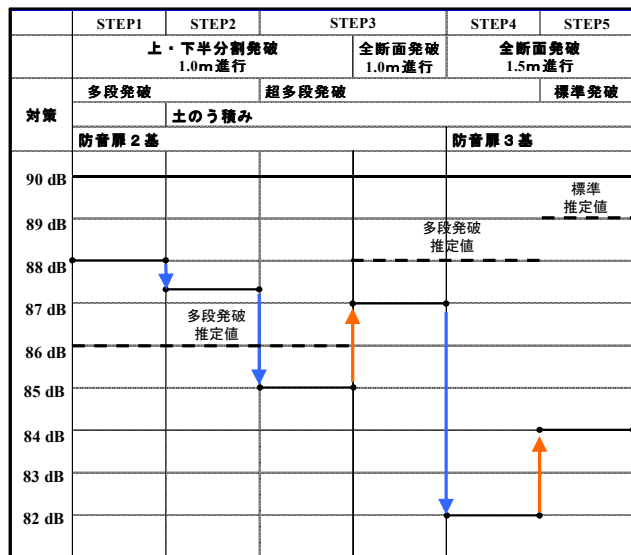
(2) 発破掘削による影響予測

着工前に起点側坑口部に近接する小学校(管理点A、離隔距離67.4m)、アパート(管理点B、離隔距離195.5m)について、発破掘削による影響予測を検討した結果、最低限必要なものとして遮音壁(h=3m)、防音扉2基にて掘削を進めることとした。

トンネル発破による発破音(騒音レベル、低周波音レベル)の推定には、船津氏より提言されている推定式、振動速度については、日本化薬の推定式、振動レベルについては、振動速度:Vと振動レベル:VLの関係式($VL=20\log V+83$)を用いた。

4. 周辺環境への対策

影響予測の結果から、2基の防音扉を設置できるトンネル坑口部からTD=40mまでは、大型ブレイカーを使用した機械掘削、TD=40m以降は制御発破掘削とし、最終的に、当トンネルのCIパターンの標準発破(全断面発破 1.5m進行: 108.8kg (0.8kg/m³))で管理値におさまったSTEP5のTD=149.5mまでの109.5m区間実施した。



グラフー1 周辺環境対策の推移（低周波音）

STEP1：多段発破

『上下半分割 1.0m進行：53.2kg / 1 発破（0.8kg/m³）』

音源対策として斉発薬量の調整を行った多段発破（DS・MS 雷管を使用しての 22 段発）は、1 発破の段数を多くすることは、斉発薬量を減少させることになり、若干の低減効果が見られたが、86dB の推定値を超えたため、進行長 1.0m の上下半分割発破から全断面発破へ移行出来なかった。

STEP2：多段発破＋土のう積み

『上下半分割 1.0m進行：53.2kg / 1 発破（0.8kg/m³）』

伝搬経路対策として防音扉の面密度（kg/m²）増やすことにより、減衰量の増加を狙い防音扉の背面に高さ 4.0m、幅 2.5m、奥行き 1.0m（砂 10m³）を開閉扉の両側に土のう積みを設置したが、0.5dB 程度と効果は小さかった。

STEP3：超多段発破

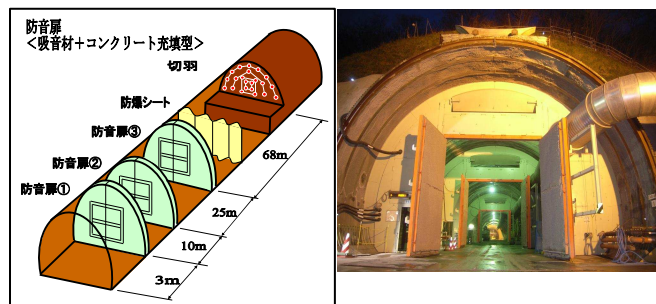
『全断面 1.0m進行：72.2kg / 1 発破（0.8kg/m³）』

非電気式雷管を使用した超多段発破（116 段発）は、多段発と考え方は同様であるが、より斉発薬量を減少させたことで、低減効果は低周波音で 3dB 程度の中程度の効果が得られた

STEP4：防音扉の追加と低周波音周波数の制御

『全断面 1.5m進行：108.8kg / 1 発破（0.8kg/m³）』

最終段階として、CI 等級の地山を標準発破で掘削するには騒音で 3dB、低周波音 6dB 以上の低減量が必要なことから、防音扉(3 基目)を追加することとした。



図ー2 防音扉坑内配置図 写真ー1 防音扉（3 基）

合わせて防音扉間隔による透過低周波音周波数を制御することで低減できる方法を検討した。

防音扉を透過しやすい周波数は、防音扉の間隔を $L(m)$ 、音速を $C (\approx 340m/sec)$ とすると、 $f (Hz) = C/2L$ で表され、1 基目と 2 基目の設置間隔は 10m であることから、透過しやすい周波数は 17(Hz) でこの整数倍が透過しやすい周波数となる。低減効果を高める為に設置間隔 10m で比較的透過しにくい周波数帯に、追加する 3 基目の防音扉の位置を透過しやすい周波数帯となるように設置間隔を 25m とした。

防音扉 3 基は、施工例は少なく、騒音 42dB・低周波音 40dB 程度の低減効果があったことから STEP5 の標準発破に移行した。

表ー2 防音扉 3 基設置による低減効果の実績値

防音扉	設置間隔	騒音		低周波音	
		(dB)	差	(dB)	差
1 基設置	-	-10	-	-14	-
2 基設置	10m	-25	-15	-24	-10
3 基設置	25m	-42	-17	-40	-16

5. おわりに

様々な発破音に対する対策を実施してきたが、発破音に効果を発揮するのは現時点では防音扉が特に有効的である。これらの対策を実施したことで、周辺住民や小学校から苦情が出ることもなく工事を進めることが出来た。

防音扉はコスト面では不利な対策となるが、扉の設置間隔や、移設を伴う防音扉の構造に工夫をし、周辺環境、工事工程、コスト等のバランスがとれれば、非常に効果的な対策となる。

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