

## 高精度電子雷管によるトンネル発破の振動・騒音予測とその対策

鹿島建設(株) 正会員 ○犬塚 隆明, 岩野 圭太, 手塚 康成, 木村 克己  
オリカジャパン(株) 安藤 宏

### 1. はじめに

発破工法はトンネルの効率的な掘削工法であるが、その振動や騒音が周辺環境に及ぼす影響が大きい。筆者らはこれまでも高精度電子雷管を用いた発破の特性や振動・騒音の低減効果について検証を重ねてきた<sup>1)</sup>。ここでは坑口付近に民家が点在するトンネルにて同雷管による試験発破を実施し、複数の計測点で得た再現性の高い振動・騒音データから予測式を推定し、有効な対策を施して予定通り本発破を実施した事例を報告する。

### 2. 発破試験の概要

発破試験を行ったのは奈良県の(仮称)丹生トンネル(トンネル延長570m)である。図1に示すように振動で4地点、可聴音/低周波音で工事ヤード内を含め8地点に計測点を設置した。振動計測については振動速度計と振動レベル計を並置した。試験発破は表1に示すように3回実施し、雷管は秒時精度が高く秒時差を任意に設定できる高精度電子雷管 eDevII を適用し、秒時差は7ms, 13ms, 30ms の3設定とした。

表1 発破緒元

	進行長	孔数	総装薬量	最大斉発薬量	使用雷管	秒時差
1回目	1.0 m	82孔	30.0kg	0.4kg	eDevII	30 ms
2回目	1.0 m	80孔	28.2kg	0.4kg	eDevII	7 ms
3回目	1.0 m	73孔	22.4kg	0.6kg	eDevII	13 ms

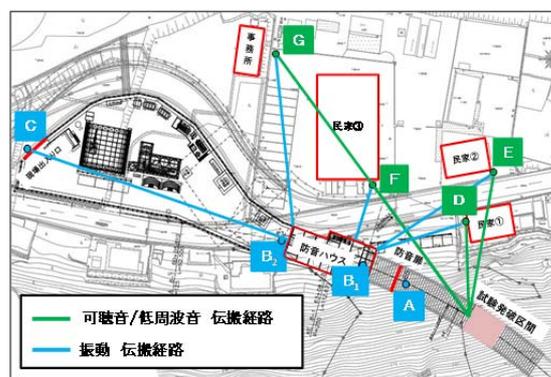


図1 振動・騒音計測点の配置図

### 3. 振動予測式の検討

3回の発破による各地点の振動計測結果を図2及び表2に示す。D点で若干超えている他は、概ね夜間の振動管理値64dBを下回っていることが分かる。また下記の予測式を用い、最小二乗法にてK値求めた結果、K値は概ね300前後であり、3回の発破のばらつきは小さいことが分かる。

$$V(\text{kine}) = K \cdot W^{2/3} / R^{-2} \quad (1)$$

また、図3では求めたK値のうち、最も大きな値(K=358)を用い、本発破に向け管理値を満足する離隔距離を推定した。また高精度の秒時差設定かつ1孔1斉発であることか

表2 振動計測結果

	1回目	2回目	3回目
孔数	82孔	80孔	73孔
総薬量	30.0kg	28.2kg	22.4kg
秒時差	30 ms	7 ms	13 ms
振動値	振動速度 (kine)	振動速度 (kine)	振動速度 (kine)
	振動レベル (dB)	振動レベル (dB)	振動レベル (dB)
D	-	0.141	0.129
E	0.041	0.043	0.060
F	0.032	0.025	0.057
G	0.013	0.014	0.021
推定K値	244	358	287

※振動管理値：79dB(昼) 64dB(夜)

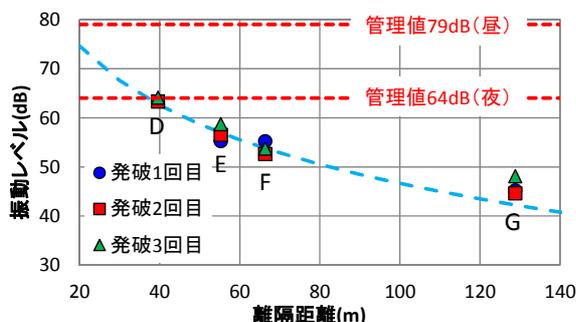


図2 振動計測の結果

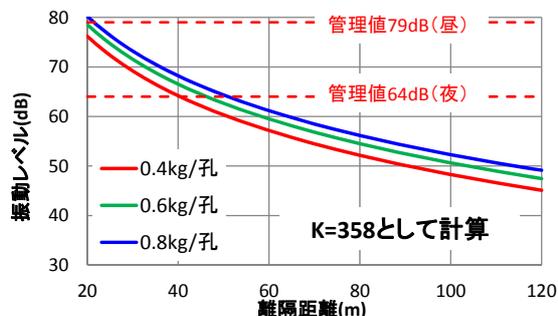


図3 算定したK値に基づく振動値の推定

キーワード 発破, 電子雷管, 振動, 騒音,

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6646

ら振動波形と孔位置の関係を検討した(図4).これより下半の孔の振動が相対的に高いなど,本発破に向け孔数や薬量の調整箇所が明らかとなった.

4. 騒音予測式の検討

各発破の騒音・低周波音レベルを図5,図6に示す.夜間の管理値を超過する場合はみられること,低周波音の距離減衰効果があまり見込めないことから,図6に基づき最も低周波音の低減に効果のある7msを秒時差の標準とした.また表1に例を示すようにA~Cの計測点の結果に基づき,坑内・坑外の距離減衰,防音扉や防音ハウスの減衰を算定し,船津の式<sup>1)</sup>を参考に騒音・低周波音の予測式を設定した.

<騒音レベル予測式>

$$L_A = 132 + 16 \log(W) - 9 \log(D) - 15 \log(R) - 48 + \Delta L_d$$

<低周波音レベル予測式>

$$L_C = 130 + 7 \log(W) - 8 \log(R) - 33 + \Delta L_d$$

ここでW:総薬量(kg),D:坑内距離(m),R:坑外距離(m), $\Delta L_d$ :方向回折減衰分(dB)である.図7,図8に実測値と予測値を示した.騒音レベルで全体的に予測よりも実測が上回ったのは,本トンネルの場合,坑口を覆うように長方形の防音ハウスがあるため,トンネル坑口特有の指向性がなく,逆にハウスを構成するパネルが共鳴板のように作用し,ハウス長辺側の坑口側面方向(D,E,F,G)でその効果が高いためと推察された.以上の結果より,防音ハウスの接続部の再度締め付けと開口部の閉鎖,防音扉の吹付けによる隙間の閉塞を行い,透過損失性能の向上を図った.これにより以降の昼間の発破を通じて,騒音・低周波音測定は基準値以下であることを確認し,当初の予定通りの進行位置からの昼夜の発破掘削が可能となった.

5. まとめ

高精度電子雷管は高い再現性を有するため,少ないデータでも現象を推定しやすく,取るべき対策が明確となる.本事例でも騒音に対する有効な対策を施した結果,予定通りの昼夜発破掘削を行うことができた.今後,さらに適用事例を重ね,合理的な発破掘削を確立させたい.

参考文献

- 1) 岩野ほか;高精度電子雷管を用いた住宅地直下における環境負荷低減発破,トンネル工学報告集,第24巻,I-35,2014
- 1) 船津ほか;トンネル発破の特性と予測,日本騒音制御工学会発表会講演論文集,pp.57-60,1987

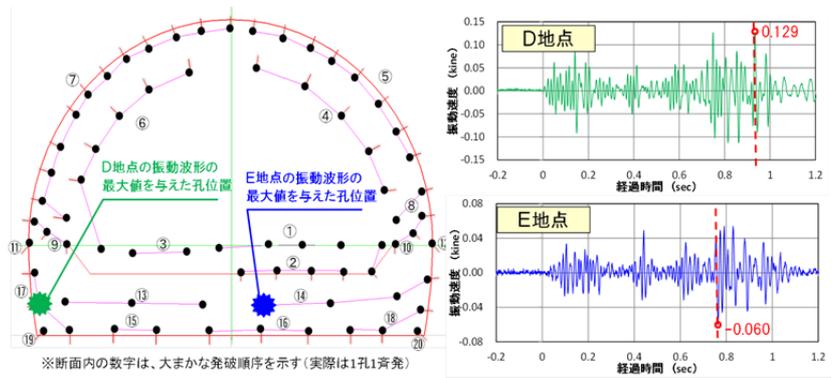


図4 振動波形と孔位置の照査(3回目発破:D点,E点)

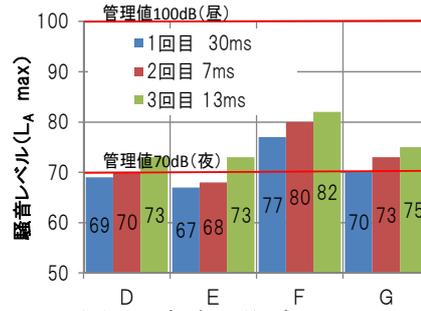


図5 各点の騒音レベル

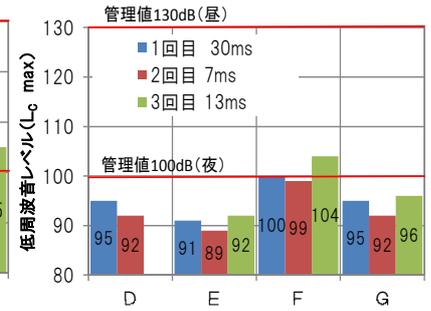


図6 各点の低周波音レベル

表1 防音扉/防音ハウスの騒音減衰量の算定

	1回目	2回目	3回目
A地点(dB)	139.4	142.2	143.7
B1地点(dB)	122.7	126.5	127.7
B1-A(dB)	-16.7	-15.7	-16.0
坑内距離減衰分(dB)	-3.3	-2.6	-1.9
防音扉減衰分(dB)	-13.4	-13.1	-14.1
①平均防音扉減衰量(dB)	-13.5		
B1地点(dB)	122.7	126.5	127.7
B2地点(dB)	88.9	92.2	93.7
防音ハウス減衰量(dB)	-33.8	-34.3	-34.0
②平均防音ハウス減衰量(dB)	-34.0		
減衰補正量(①+②)(dB)	-47.5 ⇒ -48dBと設定		

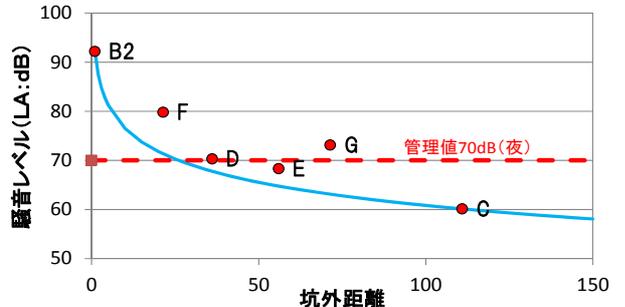


図7 騒音レベルの実測と予測(2回目:7ms)

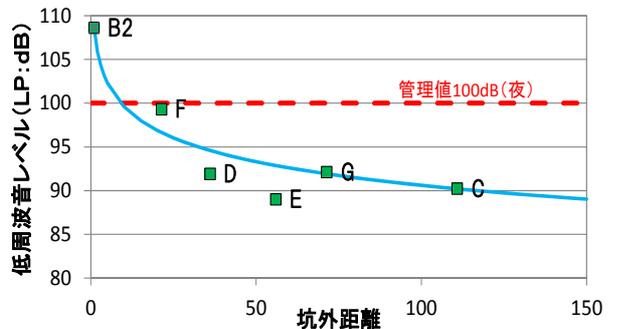


図8 低周波音レベルの実測と予測(2回目:7ms)