

トンネル工事における水封式防音扉による騒音(低周波音)対策

田浦 一英* 山本 康博*
Kazuhide Taura Yasuhiro Yamamoto

1. はじめに

落出トンネルの発破には、地域住民の大きな関心が寄せられていた。落出トンネルの施工位置から数百メートルと離れていない場所で、既にトンネルが施工されており、その当時、発破騒音が問題となったからである。

そこで坑口の防音扉に水封式防音扉（特許番号3079248）を採用した。ここでは、水封式防音扉の内外で、発破時の騒音・低周波音を測定することによりその効果を確認する。

2. 調査概要

(1)調査内容

開発期間	火薬量	条件
1回目	109.4kg	防音扉に水が入っていない状態
2回目	48.1kg	防音扉に水が入っている状態

(2)調査日、発破時刻

- 1回目：平成12年4月17日，11時58分
- 2回目：平成12年4月17日，21時00分

(3)調査地点

- 愛媛県上浮穴郡柳谷村大字柳井川
- 地点 No. 1：防音扉内側 10m
- 地点 No. 2：防音扉外側 10m

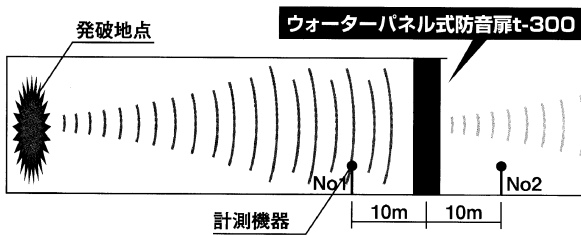


図-1 落出トンネル防音扉音圧計測器設置状況

(4)使用機器

項目	機種	会社
低周波音圧レベル計	NA-17	リオン(株)
普通騒音計	NL-02A	リオン(株)
レベルレコーダ	LR-20.2ch	リオン(株)
データレコーダ	PC204A	ソニー・プレジジョン・テクノロジー(株)
1/3オクターブ実時間分析器	SA-27	リオン(株)

*四国(支)新柳谷(出)

(5)発破の騒音・低周波音の測定方法

発破のタイミングに合わせて低周波音圧レベル計・普通騒音計の出力をデータレコーダに記録すると同時にレベルレコーダに打ち出した。その後、データレコーダに出力された低周波音圧レベルを1/3オクターブ実時間分析器を用いて周波数分析を行った。

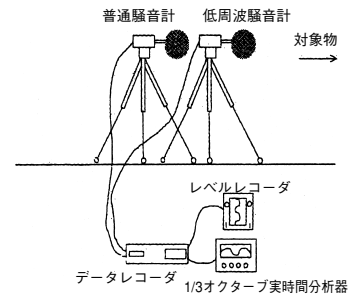


図-2 機器接続

以下に各測定機器の測定条件を示す。

項目	条件
低周波音圧レベル計の測定モード	LSPL (1~50Hz)
普通騒音計の測定モード	A 特性
レベルレコーダの動特性	SLOW (低周波音圧)
	FAST (騒音)
	チャートスピード 3mm/s
低周波音圧レベル計の設置場所	地上から 1.2~1.5m の高さ
普通騒音計の設置場所	地上から 1.2~1.5m の高さ

3. 調査結果

(1)騒音レベル・低周波音圧レベルの調査結果

表-1 に騒音レベル・低周波音圧レベルの調査結果を示す。

表-1 調査結果一覧

調査地点	調査時刻	発破薬量 (kg)	騒音レベル (dB)	低周波音圧レベル (dB)
1回目No.1	11:58	109.4	125	140
1回目No.2	11:58	109.4	99	121
差	-	-	26	19
2回目No.1	21:00	48.1	118	144
2回目No.2	21:00	48.1	96	117
差	-	-	22	27

(2)低周波音圧レベルの周波数解析結果

図-3 に防音扉の効果比較（水入りの優位性をプラスとする）を、表-2 に低周波音圧レベルの周波数解析結果を示す。

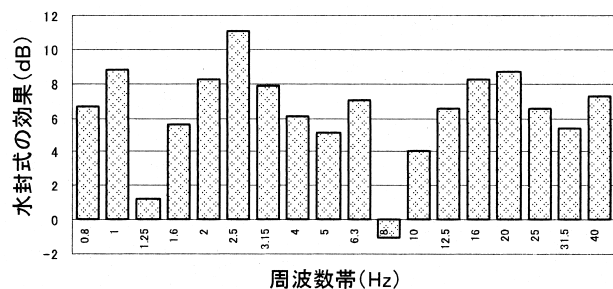


図-3 防音扉の効果比較 (水封式の優位性をプラスとする)

表-2 低周波音圧レベルの周波数解析結果一覧

周波数 (Hz)	低周波音圧レベル (dB)					
	1回目 No.1	1回目 No.2	内外差	2回目 No.1	2回目 No.2	内外差
0.8	102.7	90.0	12.7	110.4	91.0	19.4
1	102.8	89.3	13.5	111.6	89.3	22.3
1.25	117.1	90.5	26.6	114.8	87.0	27.8
1.6	120.5	90.5	30.0	125.9	90.3	35.6
2	119.3	93.9	25.4	123.7	90.1	33.6
2.5	126.8	101.1	25.7	129.9	93.2	36.7
3.15	129.0	103.7	25.3	131.2	98.0	33.2
4	133.7	105.7	28.0	134.8	100.7	34.1
5	126.5	102.3	24.2	130.2	100.9	29.3
6.3	124.8	105.4	19.4	128.0	101.6	26.4
8	122.3	105.8	16.5	121.1	105.6	15.5
10	122.2	106.5	15.7	124.5	104.7	19.8
12.5	127.5	111.1	16.4	134.0	111.0	23.0
16	128.7	112.5	16.2	131.1	106.7	24.4
20	125.4	111.0	14.4	134.1	111.0	23.1
25	124.9	109.3	15.6	128.8	107.7	22.1
31.5	125.1	107.3	17.8	128.8	105.7	23.1
40	121.5	106.8	14.7	126.3	104.3	22.0
50	118.4	102.0	16.4	123.1	103.3	19.8

4. 低周波音の特性と調査結果に対する考察

音についての基本的な考え方を明確にするため、低周波音の基本的性質を(1)に、発破から発生する低周波音の特性を(2)に記す。これらを踏まえた上で(3)では調査結果について考察を行う。

(1)低周波音の基本的性質

一般に人間は、20～20000Hzの周波数の音を聞くことができると言われていた。しかし実験してみると、20Hz以下の音を知覚することもできるし、逆に15000～20000Hzの音は実際にはほとんど聞こえないようである。

低周波音の定義は特に決まっていないが、1980年にデンマークで行われた国際会議では、100Hz以下の音を低周波音とよんでいる。20Hz以下の音は、音としての感覚はほとんどなく、圧迫感・振動感が主なものになる。これらの低周波音は日常生活の中に多くあり、車の排気音・溪流の音などに存在している。しかしこれらの低周波音は、100Hz以上の音にかき消されて、気がつくことはまれである。

(社)日本騒音制御工学会低周波音分科会が提案した「低周波音測定方法の提案について」では、1～80Hzを低周波音とよび、20Hz以下を特に超低周波音とよんでいる。

(2)発破から発生する低周波音の特性

発破から発生する音は、音源近くでは衝撃的な爆発音が聞こえるが、音源から離れるにしたがって超過減衰のために可聴音のレベルが小さくなり、低周波成分が主になる。さらに遠距離伝搬すると20Hz以下の超低周波成分が主になる。

発破から発生する低周波音については、超低周波音に起因する「窓ガラスや襖がガタつく」という現象に対し

て苦情が発生するケースが多い。

(3)調査結果についての考察

①騒音レベルについて

2回の実験では、昼間(発破薬量109.4kg)と夜間(発破薬量48.1kg)の測定を実施した。地点No.1の1回目が125dB、2回目が118dBであり、薬量による騒音レベルの差が7dBであった。しかし、地点No.1とNo.2の差(防音扉内外の差)は、1回目が26dB、2回目が22dBであり、1回目の方が差が大きく、扉に水を封入した効果は、通常の騒音では現れていない。

②低周波音圧レベルについて

地点No.1の1回目が140dB、2回目が144dBであり、薬量と低周波音圧レベルが比例していないが、原因は不明である。しかし、地点No.1とNo.2の差(防音扉内外の差)は、1回目が19dB、2回目が27dBであり、2回目の方が差が8dB大きく、扉に水を封入した効果が現れている。

周波数解析の結果では、特に2～6.3Hzの周波数域における低周波音圧レベルの低減が顕著であり、低周波特有の現象(窓ガラスや襖がガタつく)に対して低減効果が期待できる。

③水封式防音扉の効果について

低周波音圧レベルに対するグラスウール式防音扉と水封式防音扉の効果を参考文献¹⁾による類似例と比較する。参考文献¹⁾によると、一般的なトンネル坑口用防音扉(グラスウール式)の内外5m地点で、低周波音圧レベルの低減は15dB前後である。この防音扉に対して150mm厚のコンクリートを吹き付けて剛性を上げて改良した場合は、同じく内外5m地点で、26dB前後の低周波音圧レベルの低減が報告されている。しかし、扉の設置・移動・撤去および通常時の取り扱いにおいて水封式防音扉の方が優れている。今回の実験は、防音扉内外10mの測定であり、参考文献¹⁾とは距離が異なる。しかし、低周波音圧レベルの測定においては、5mの距離の違いによる結果の差は小さいと考えられる。よって、水封式防音扉はグラスウール式防音扉より低周波音圧レベルにおいて10dB以上高い遮音性能をもっていると言える。

5. おわりに

トンネル工事では、発破から発生する低周波音に起因する「窓ガラスや襖がガタつく」という現象に対し、苦情が多く発生する。水封式防音扉はグラスウール式防音扉に比べ、その抑制により効果を発揮すると言える。

参考文献

- 1) (社)日本騒音制御工学会技術部会 低周波分科会編：発破による音と振動，山海堂，1995. 12. 19