

トンネル発破掘削における防音対策

東京土木施工管理技士会
奥村組土木興業株式会社

監理技術者

工務主任

谷 本 宜 久[○]

小石川 淳

Yoshihisa Tanimoto

Jun Koishikawa

1. はじめに

トンネル工事の掘削方法は、地山の硬さに応じて発破掘削、機械掘削および人力掘削がある。掘削方法の選定では、作業能率に加えて経済性も併せて選定されることになる。このため、一般的に発破掘削と機械掘削が主体となる。当工事のトンネル地山は大半が花崗閃緑斑岩（堅岩）で、弾性波速度が3.5～5.1（km/sec）であることから、発破掘削（補助ベンチ付全断面工法）が工程・効率の面から最適であると判断されていた。トンネル坑口付近には民家が点在しており、発破・その他の作業で生じる騒音を予測し、影響を最小限にするために対策工を選定し、実施する必要があった。

2. 工事概要

当工事は、北九州市を起点として鹿児島市に至る東九州自動車道約436kmのうち日向IC～都農IC間に位置する延長約4,000m（土工区間約3,100mトンネル区間約900m）の暫定二車線のトンネル工事である。

3. 現場における問題点

トンネル坑口付近には民家が2軒あり、坑口から民家までの平面距離は約120mと約200mであ

表-1 工事概要

工事名	東九州自動車道 本村トンネル工事
発注者	西日本高速道路株式会社 九州支社
受注者	奥村組土木興業株式会社
工事場所	自) 宮崎県日向市大字財光寺 至) 宮崎県日向市大字平岩
工期	自) 平成 22 年 7 月 1 日 至) 平成 25 年 12 月 11 日 (1,260 日)
工種	施工総延長 3,989m トンネル延長 901m 土工延長: 3.088m トンネル掘削工法 NATM 発破工法



図-1 坑口付近

った。このため、発破による周辺地域への影響を予測しておく必要があった。

発生する騒音は、以下のとおりである。

- ①掘削時の発破音
- ②ズリ運搬時の重ダンプトラックの走行音

- ③覆工コンクリート・吹付コンクリートのトラミキの走行音
- ④バッチャープラント発生音
- ⑤ズリ仮置場の作業音
- ⑥坑口機械掘削音

これらの騒音の特徴を整理して、以下に示す。

①、⑥については、騒音自体は最も大きくなると想定されるが、連続的には発生しない。また、掘削の進行に伴い小さくなると予測される。

②～④については、騒音自体は小さいものであると思われるが、連続的に発生し、かつ発生箇所が移動する。

⑤については、重機作業となるため、騒音自体は大きくないと思われるが、高い音が不規則に生じる。

4. 対策工の選定

先に述べた騒音について、事前に予測し、対策工を選定することにした。対策の選定においては、騒音の特徴に留意した。

(1) トンネル付近民家位置

トンネル坑口に近接する民家は2軒あり、坑口との位置関係を以下に示す。

民家A：平面距離約200m 高低差約25m

民家B：平面距離約120m 高低差約30m

民家Aについては、発破時にトンネル坑口から発せられる直達音と坑口付近での作業時に発生する反射音の影響が、民家Bについては、発破および作業による反射・反響音の影響が大きいと想定した。

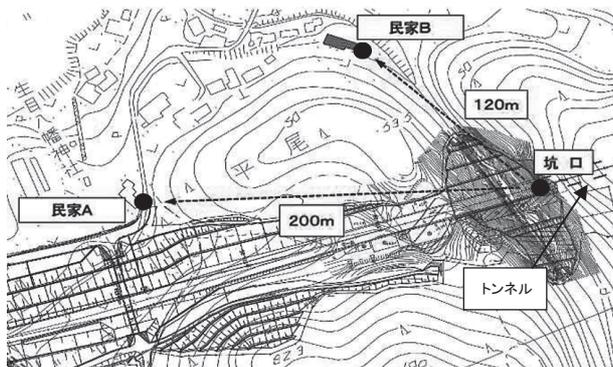


図-2 トンネル付近民家位置図

(2) 騒音管理基準値の決定

騒音に対する管理基準値としては様々な文献で述べられているが、各自治体においては環境条例で定めた規制値を用いている。設計段階における防音対策の選定においては、日向市(第3種区域)昼間で65dB、夜間で50dBを採用している。

表-2 管理基準値

	騒音に対する規制値		備考
	昼間	夜間	
設計段階	65dB	50dB	日向市：第3種
施工時	50dB		

防音対策の運用においては、昼夜作業となること、昼夜で作業内容に大きく変わりが無いことなどから、防音対策工の選定においては、昼夜間を区別せずに「50dB」を基準とした。

(3) 検討

1) 現地条件

先に挙げた6種類の騒音発生箇所は、平面位置は民家から最短で約120mとなっている。しかし、トンネル坑口は民家から約30m高い位置での作業であり、実際の離隔距離は最短で175m程度となる。工事車両の走行路は、民家位置から約25m高い位置にあり、工事車両の走行路を挟んで民家と反対側はのり面となっており、走行音などの反響・増幅に留意する必要がある。また、トンネル坑口の西側に長大のり面があったため、発破によって生じる直達音の影響よりも反射音に留意する必要がある。

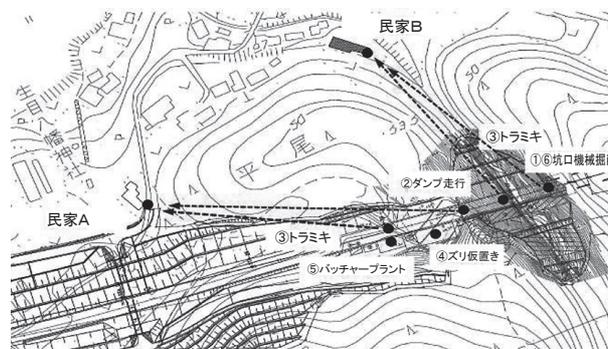


図-3 民家と騒音発生箇所平面図

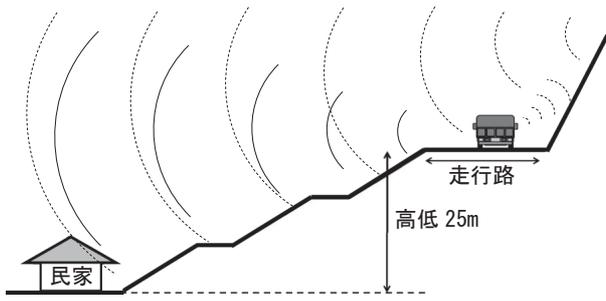


図-4 民家と騒音発生箇所断面図

2) 検討条件

騒音が最も大きいと思われる「①発破音」については、設計段階においてグラスウール製の防音扉を1枚設置する計画であったため、坑口から28m・40m・60mの位置に設置した場合について検討することにした。また、「②～⑥」については、騒音そのものが小さいため、距離減衰のみを期待し、無対策で検討することにした。

(4) 検討結果

検討の結果、当初想定した発生源の騒音に対しては距離減衰により大きく低減できたが、民家A、Bに対して、騒音の管理目標値としている「50dB」を下回ったのは、「④バッチャープラント発声音」のみであった。

表-3 検討結果-1

民家	検討項目	騒音(dB)		管理目標値
		発生源位置	予測値	
A 坑口から 200m	①-28m	135	64	50dB
	①-40m	133	62	
	①-60m	130	59	
	②	110	53	
	③	117	59	
	④	103	46	
	⑤	113	53	
⑥	118	57		

表-4 検討結果-2

民家	検討項目	騒音(dB)		管理目標値
		発生源位置	予測値	
B 坑口から 120m	①-28m	135	66	50dB
	①-40m	133	64	
	①-60m	130	61	
	②	110	61	
	③	117	63	
	④	103	38	
	⑤	113	58	
⑥	118	59		

(5) 対策の検討項目

発破時の騒音については、発生するエネルギーが大きいため、坑口位置での大きさを小さくし、さらに反射を軽減する必要があった。防音扉の設置位置（坑口からの距離）、種類および組み合わせを変更した。坑口からの距離は28m、40mおよび60mの3パターンとした。

また、工事車両の走行音についても大きく軽減する必要があったため、防音型万能塀を設置する計画とした。

1) 発破音の対策

発破音については、音の特性などを考慮し、音の吸収・拡散をさらに期待するために、防音扉の対策として以下の5つについて検討した。

表-5 検討する防音扉の対策と目的

対策	目的
① GW製2枚	透過音を軽減する。
② GW1枚 + CON吹付1枚	密度の違う扉を設置し、音の拡散・分散を期待する。
③ CON吹付2枚	密度の大きい扉を設置し、透過音を軽減する。
④ 水充填1枚	
⑤ GM1枚+水充填1枚	密度の違う扉を設置し、音の拡散・分散を期待する。

GW：グラスウール CON：コンクリート

2) 走行音等の対策

発破以外の騒音については、発生箇所が移動することもあり、防音型万能塀を設置する計画とした。また、発破によって生じた騒音が坑口から拡散し、民家へ影響することに対する抑制効果も期待し、万能塀の高さを3.0mとした。

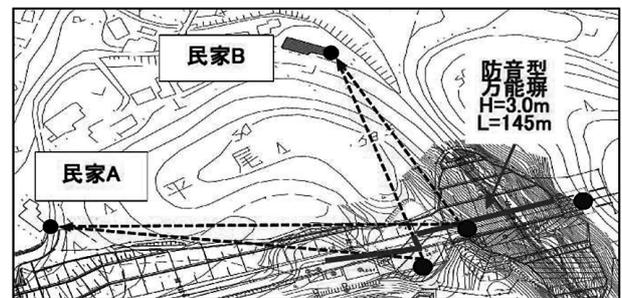


図-5 防音型万能塀設置位置図

(6)対策の検討結果

対策工について検討した結果、以下のようになった。

表-6 対策検討結果

(単位: dB)

民家A	坑口から28m		坑口から40m		坑口から60m	
	防音扉のみ	防音型 万能塀	防音扉のみ	防音型 万能塀	防音扉のみ	防音型 万能塀
①	55	54	53	52	50	49
②	53	52	51	50	48	47
③	52	51	50	49	47	46
④	59	58	57	56	54	53
⑤	41	40	39	38	36	35

※管理目標値: 50dB

(単位: dB)

民家B	坑口から28m		坑口から40m		坑口から60m	
	防音扉のみ	防音型 万能塀	防音扉のみ	防音型 万能塀	防音扉のみ	防音型 万能塀
①	57	56	55	54	52	51
②	55	54	53	52	50	49
③	54	53	52	51	49	48
④	61	60	59	58	56	55
⑤	43	42	41	40	38	37

※管理目標値: 50dB

なお、検討結果には、防音型万能塀(H=3.0m)の騒音低減効果として、1dBの低減を見込んだ。

検討の結果、対策⑤が最も効果がある方法であることがわかった。

5. 対策の選定

管理基準値を満足する対策は「対策⑤」の防音扉(水充填型) + 防音扉(GW)となるが、水充填型は施工費が高いことから、防音扉の設置位置は坑口から40mとなり、設置時期が遅くなるが、発注者との協議の結果、「対策③」の防音扉(CON吹付)2枚と防音型万能塀(H=3.0m)を併用



図-6 防音扉設置状況

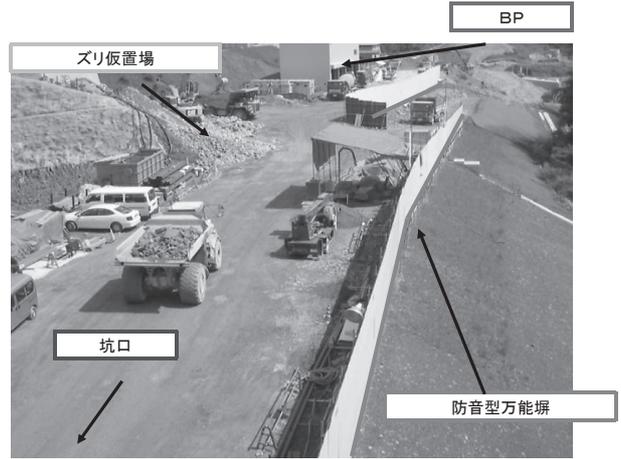


図-7 防音型万能塀設置状況

して対策することとなった。

6. 騒音測定結果

防音対策後、発破音についての騒音を測定し、以下の結果が得られた。

防音扉を設置するまでの期間は、防爆シートおよび防音シートで対策し、測定を行った。

表-7 騒音測定結果

測定期間	H24.2.6~	H24.2.9~	H24.2.21~	H24.2.24~	H24.3.22~	H24.5.16
	2.9	2.16	2.22	3.2	3.28	
TN掘進長	16~20m	20~29m	29~34m	34~48m	50~68m	222m
対策	防爆シート	防爆シート	防音扉	防音扉	防音扉	防音扉
		防音シート2枚	(GW)1枚	(CON)1枚	(CON)2枚	(CON)2枚
民家A(200m)	76.2	79.8	64.2	66.0	53.8	39.4
民家B(120m)	87.2	82.2	73.9	69.4	56.8	52.7

※測定値は平均値 単位: dB

当初設計の防音扉(GW1枚)での測定結果は、民家Aでは、ほぼ検討結果と同じ数値となったが、民家Bでは8dB程度大きくなった。

防音扉(CON2枚)を設置した時点では、騒音をかなり抑えることができたが、管理値の50dB以下にはならなかった。トンネルの掘削延長が200m以上になって、ようやく管理値付近の測定値になった。

このことから机上の計算通りの結果にならなかった原因として、天候・風向き等による自然環境の影響が考えられる。また、住民の方には、50dBの騒音は夜中の蛙の鳴き声と同じぐらいということの説明し、納得していただいた。