

山岳トンネル施工時における環境対策

国土交通省 九州地方整備局 長崎河川国道事務所 池田 輝彦
 (株)大林組 正会員 黒田 裕之
 (株)大林組 正会員 ○永松 雄一

1. はじめに

NA TMにおける吹付けコンクリートは、トンネル支保構造を構成する重要な支保部材であるが、施工時に発生する粉じんが坑内環境に著しく影響を与えることから、その改善が課題となっている。また、掘削に伴う騒音、振動、低周波音対策は、工事を円滑に進める上で必須の課題である。長崎 497 号弓張トンネル新設 2 期工事では、坑内外の環境改善を目的として様々な取り組みを行った。本報文では、その概要を報告する。

2. 坑内環境対策

坑内環境対策として、炭酸カルシウムを混入した S E C 練り吹付けコンクリートの採用に加え、切羽付近で効率的に粉じんを吸引する吸引ダクトシステムを採用することで坑内環境を改善した。

(1) S E C 練り吹付けコンクリート

S E C (Sand Enveloped with Cement) コンクリートは、練混ぜ水を分割投入することにより、細骨材の周囲が低水セメント比のセメントペーストで覆われたコンクリートである。炭酸カルシウムを混入した S E C 練り吹付けコンクリートとすることにより、発生粉じん量及びリバウンド率が減少すると共に、コンクリート強度が向上する。

(2) 吹付けコンクリートの配合

本工事で使用する細骨材(砂)は、長崎県壱岐産の海砂であり、吹付けコンクリートの施工に最適な粗粒率を得るための 0.15mm 以下の微粒分が不足していた。この対策として炭酸カルシウムを混入し、不足する微粒分を補うことによりコンクリートの性状を改善した。炭酸カルシウムの置換率については事前モルタル試験で検討し、置換率 0, 7.8, 12.5vol% の 3 配合を試験配合として選定した。表-1 に吹付けコンクリートの配合、表-2 に使用材料を示す。

表-1 吹付けコンクリートの配合

置換率 (vol %)	W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)						備考
			C	W		S	L _s	G	
				W1	W2				
12.5	61.1	60.0	360	129.0	91.0	903	136	708	試験配合
10.0	61.1	60.0	360	123.7	96.3	929	109	708	実施配合
7.8	61.1	60.0	360	118.7	101.3	952	84	708	試験配合
0	61.1	60.0	360	100.0	120.0	1032	0	708	試験配合

表-2 使用材料

名称	略称	仕様
セメント	C	普通ポルトランドセメント
練混ぜ水	W	河川水, W1=一次水, W2=二次水
細骨材	S	海砂 表乾密度 2.58g/cm ³ F.M=2.63
粗骨材	G	13~2.5 表乾密度 2.66g/cm ³ F.M=6.20
炭酸カルシウム	L _s	香春鉱業 2.71 g/cm ³

(3) 試験吹付け結果

炭酸カルシウムを混入した S E C 練り吹付けコンクリートによる粉じんの低減およびリバウンド率の低減効果を検証するために、異なる炭酸カルシウムの置換率で試験吹付けを実施した。試験は、先に選定した試験配合 3 配合について実施し、発生粉じん量およびリバウンド率の測定とコンクリートの圧送性を確認した。試験吹付けは、同一の条件となるよう鋼製支保工のリブまで吹付け、コンクリートで埋めることによって不陸を無くした施工条件の良い状態で実施し、1 回の吹付け量を 2 m³とした。

送風量 2,000 m³/min の換気設備と大型集塵機 (2,200 m³/min, 吸引ダクトシステムは未使用) が稼動する条件下で測定した発生粉じん量は、置換率 0vol% で 4.17mg/m³, 7.8vol% で 3.93mg/m³, 12.5vol% で 2.90mg/m³ となり、置換率が多くなるに従い発生粉じん量は減少する傾向が確認できた。また、0vol% のリバウンド率は 20.9% であるのに対し、12.5vol% のコンクリートでは 13.5% となり、約 35% 減少した。なお、12.5vol% の場合、コンクリートの圧送時に脈動が見られ、圧送性の低下が確認された。

(4) 実施配合と吸引ダクトシステム

試験吹付けの結果からコンクリートの圧送性を考慮し、試験配合である炭酸カルシウムの置換率 7.8vol% と 12.5vol% の中間の 10.0 vol% を実施配合とした。実施配合を表-1 に示す。

キーワード 環境対策, 吹付けコンクリート, 炭酸カルシウム, S E C 練り, 吸引ダクトシステム

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1319

また、実施工においては大型集塵機に伸縮風管を取り付けた吸引ダクトシステムを稼働させ、粉じん発生源である切羽近くで粉じんの吸引を行うことにより、発生粉じん量を 1.8~2.5mg/m³と大幅に低減することができた。写真-1 に吸引ダクトシステム稼働状況を示す。



写真-1 吸引ダクトシステム稼働状況

3. 坑外環境対策

掘削を開始した終点側坑口は、周辺に一般民家が密集する市街地に位置し、工事に伴い発生する騒音、振動の影響が懸念された。そこで、坑外環境対策として、坑口部に防音ハウスの設置、機械掘削区間に硬岩用自由断面掘削機の採用、制御発破の実施、低周波対応型防音扉の設置等のトンネル掘削に伴う騒音、振動、低周波音対策を実施した。



写真-2 防音ハウス

(1) 防音ハウスの設置

坑口部に防音ハウスを設置し、夜間に発生するトンネル掘削ずりをハウス内に仮置することにより、ずり仮置に伴う騒音の発生を抑制した。また、ハウスの防音パネルの効果により、発破騒音が約 30db 低減され、坑口周辺の民家では、発破時の騒音を暗騒音レベル (45~60db) まで低減することができた。写真-2 に防音ハウスを示す。

(2) 硬岩用自由断面掘削機の採用

当初設計における掘削機械は、軟岩用自由断面掘削機 (ハット出力 200kw 級) とされていたが、掘削箇所地質状況から比較的硬い地質であることが予想され、掘削時間の長時間化に伴う坑口周辺住民への騒音、振動の影響と粉じんによる坑内環境の悪化が懸念された。その対策として機械掘削区間に硬岩用自由断面掘削機 (ハット出力 300kw 級) を採用した。その結果、困難が予想された機械掘削区間を順調に掘削する事ができた。また、発破掘削への変化点到達以降も坑口周辺の環境に配慮し、夜間において約 1.5 ヶ月間機械掘削を延長して掘削した。



写真-3 切削状況

写真-3 に硬岩用自由断面掘削機による切削状況を示す。

(3) 制御発破、低周波対応型防音扉の設置

機械掘削と発破掘削の変化点である坑口から 330m 地点は、直上に土被り約 80m で民家が数件点在しており、通常発破では発破振動の管理値 65dB を超過する恐れがあった。また、低周波音による坑口周辺民家への影響も懸念された。そこで、MS 電気雷管を併用した制御発破により発破振動を抑制するとともに、坑内に設置した低周波対応型防音扉により低周波音の低減を図った。しかし、低周波音は管理値 100dB を若干上回る事があったため、さらに 1 基増設して対処した。これにより、発破振動、低周波音ともに管理値を満足する結果が得られ、掘削を順調に進める事ができた。

表-3、4 に発破振動の推移、低周波音の推移を示す。

4. おわりに

今回実施した坑内環境対策については、今後様々な現場条件で試験を実施し、粉じん低減、リバウンド率低減に関する定量的な評価をさらに行う必要があると考える。また、坑外環境対策については、仮設備ヤード周辺に住宅の密集する厳しい施工条件においても騒音、振動、低周波音を抑制することができ、周辺住民のご協力のもと工事を円滑に進める事ができた。本報文が今後施工する同種工事の参考となれば幸いである。

表-3 発破振動の推移

日付	対象民家	切羽から測定点までの距離(m)	測定値 (db)	備考
H19.10.29	民家A	81	62	
H19.10.30	〃	83	54	
H19.11.1	〃	87	59	
H19.11.5	〃	92	59	
H19.11.13	〃	119	55	
H19.11.26	民家B	93	57	
H19.11.30	〃	95	55	
H19.12.10	〃	106	49	
H19.12.14	〃	118	48	

表-4 低周波音の推移

日付	切羽から測定点までの距離(m)	測定値 (db)	備考
H19.10.29	380	100	
H19.10.30	384	101	
H19.11.1	395	101	
H19.11.5	409	100	
H19.11.13	443	99	
H19.11.26	504	96	防音扉増設
H19.12.1	535	90	
H19.12.10	566	88	