

エアカーテンを用いたトンネル新換気システムによる高濃度掘削粉じん対策

清水建設(株) 土木技術本部機械技術部 正会員 ○前田 全規
 清水建設(株) 関東支店土木部 正会員 真下 義章
 (株)流機エンジニアリング 田中 誠
 (株)エムシーエム 酒井 健二

1. はじめに

トンネル工事の坑内作業において発生する粉じんに対して建設労働災害防止協議会では、2012年3月に「ずい道等建設工事における換気技術指針」を全面改訂し換気技術の向上、普及を図っている。一方、大型機械の導入、大断面高速施工など粉じん増大につながる施工事例の増加により、今まで以上に効率的で質の高い換気技術が求められている。本トンネルでは大型自由断面掘削機による2車線道路トンネルの掘削粉じん対策を目的としたトンネル新換気システムの開発について報告する。

2. 八之尻トンネル工事概要

中部横断自動車道(静岡ー山梨区間)は、新東名・新清水 JCT から中央道・双葉 JCT を結ぶ延長 74km の高速道路である。八之尻トンネルは増穂 IC と六郷 IC 間に位置し、内空断面積 71.3m²、トンネル延長 2,469m の 2 車線道路トンネルである(図-1)。本工事では、300kW 級自由断面掘削機(ブームヘッダーRH-10J-SS)を用いた全断面機械掘削工法を採用し、施工を行っている。

3. 換気システムの検討

八之尻トンネルでは中硬岩掘削が可能となる大型自由断面掘削機の採用により、掘削時に多量の切削粉じんが発生し、従来の換気方式では集じん機より前方(切羽より 50m 以内)の作業エリアにて作業員が大量の粉じんに曝露されることが課題であった。この対策として、送・排気組合せ方式よりも効率的に切羽直近で粉じんを回収する送気・吸引捕集式を基に新換気システムを開発し、目標を掘削オペレータの作業位置(切羽から 10m 地点)における粉じん濃度 3mg/m³以下とした。

切羽で発生した大量の掘削粉じんを切羽から 10m 地点までに効率良く集じん機にて捕集するためには、切羽直近に良質で強固なエアカーテンを形成し、発生粉じんを希釈することなく封じ込めることが有効であると考え、エアカーテンの形成に必要な要素、管理項目を定量的に把握することを目的とした模擬粉じんによる現場実証試験を行った。模擬粉じんは実際にトンネルで回収した粉じんを圧縮空気にて拡散させることで 100 mg/m³以上の粉じん環境を再現したものである。実証試験では各地点(切羽から 0m, 10m, 30m, 50m, 100m)での空気の流れと粉じん濃度を測定し、以下の知見を得た。

- ・エアカーテンの形成には空気の流れが整流になることが必要である。
- ・空気の流れが整流になるためには、80m²程度のトンネル断面では送気吐出口と集じん機吸込み口間の離れを 80m 以上確保する必要がある。
- ・送気量と排気量の量的バランスがエアカーテン形成に与える影響は小さい。

また、送気吐出口と集じん機吸込み口間の離れが 80m 以下の場合には送気風管先端から吐出する空気の流れの勢いが強く切羽で発生する粉じんを拡散させ、エアカーテンの形成を阻害する現象が問題となった。そこで本システムでは、この送気流の勢いを適切に減衰させ、切羽への送気の流れが均一にトンネル断面全体に流

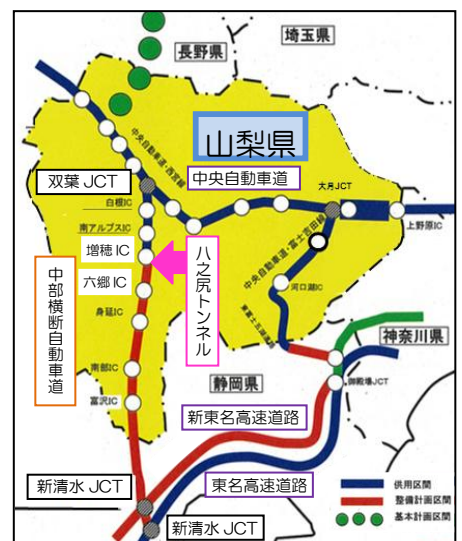


図-1 八之尻トンネル位置図

キーワード トンネル, 送気・吸引捕集式, エアカーテン, 伸縮風管, 特殊噴出ダクト, 機械掘削

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) 土木技術本部機械技術部 TEL 03-3561-3880

れるようにし、粉じんの拡散を抑えるために特殊噴出ダクト（写真-1）を開発，採用した．この特殊噴出ダクトは多数の穴が開いており先端は開口の面積を絞っているため送気はこの穴からトンネルの軸方向とは直角に吐出される．

現場実証試験では、送気吐出口と集じん機吸込み口間の離れが 80m 以下の場合においても特殊噴出ダクトを装備することで空気の流れが整流され良質なエアカーテンの形成が確認できた．



写真-1 特殊噴出ダクト

4. 新換気システム

八之尻トンネルの換気レイアウトを図-2に示す．

集じん機は集じん効率の高いフィルター式を採用した．

集じん機の吸込み口はトンネル天端より吊り下げたガイドレールに懸架した伸縮風管（図-3）を用いて切羽へ延長する計画とした．また、ガイドレールはリモコン操作で前方へ送り出すことが出来る機能を有し、盛替作業の省力化を実現した．これにより、伸縮風管の先端を掘削オペレータより前方（切羽より 5m 地点）に維持することを可能とした．

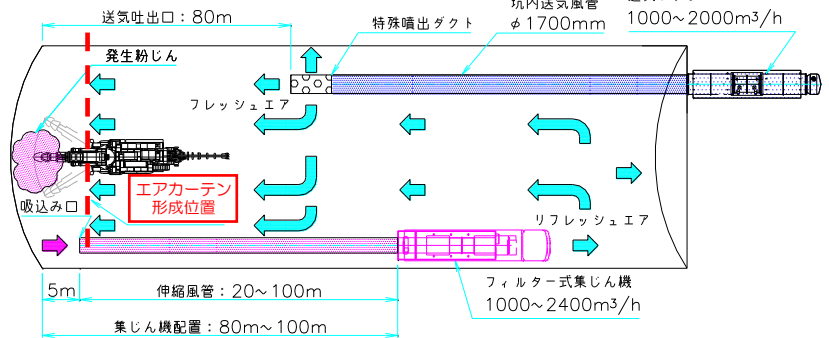


図-2 換気レイアウト図

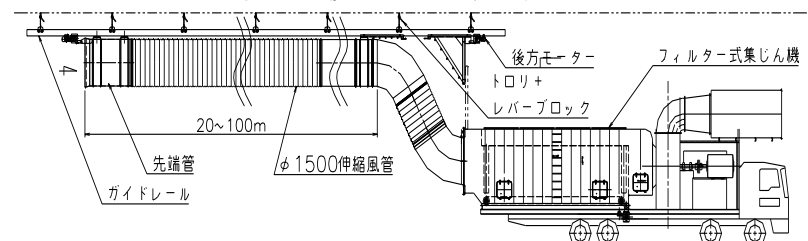


図-3 伸縮風管計画図

5. 実掘削時の計測

実験結果を基に本現場にて新換気システムを使用して機械掘削時の粉じん濃度測定を行い以下の結果を得た．（測定条件：送気風量=1000m³/min，吸込み風量=2000m³/min，送気口・吸込み口距離=80m）

- ・切羽掘削に伴う発生粉じんは切羽より 5m 地点で 145mg/m³であった．
- ・切羽から 10m 地点の掘削オペレータの位置では 0.2～2.4mg/m³であった．

これより実掘削時においても切羽近傍での良質なエアカーテンによる粉じんの封じ込めが実証できた．実掘削時の粉じんの封じ込め状況を写真-3に示す．



写真-3 実掘削状況

5. おわりに

良質なエアカーテンの形成のためには、エアカーテンを作りたい位置までに風向をそろえるよう空気の流れを整流する風向管理が重要である．本システムでは、風向管理をはじめ換気設備の最適な配置、仕様選定を行うことにより 100mg/m³ 超の粉じんが発生する作業でも切羽直近にて良好な作業環境を作り出すことができた．今後は、実施工における運用データからより効果的なシステムの研究に取り組んでいく予定である．本システムがトンネルの作業環境の改善に貢献できれば幸いである．

参考文献

- 1) 建設業労働災害防止協会：新版ずい道等建設工事における換気技術指針，2012.3
- 2) 前田全規・真下義章・田中誠・酒井健二：トンネル換気システム改善への取り組み，土木建設技術発表会論文集，2013.11