

トンネル切羽付近の空気質改善を目的とした新換気システムの提案

大成建設(株) 正会員○文村 賢一 樋渡 潔 国分 茂夫
正会員 中原 史晴 正会員 谷 卓也

1. はじめに

山岳トンネル切羽付近では、岩盤穿孔や削岩、吹付コンクリート、重機車両排気ガス、発破後ガスなど、空気質を悪化させる様々な粒子を発生させながら施工を進めざるを得ない。このため厚生労働省は、「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」において、切羽後方 50m 地点における粉じん濃度目標レベルを $3(\text{mg}/\text{m}^3)$ 以下とすることを求めている。

現在、坑内換気システムには様々な方式があるが、切羽付近の空気質改善効果が高い送気・吸引捕集方式を採用する事例が多い。図-1 に送気・吸引捕集方式の概念を示す。この方式の要点は、送気量(Q_1)よりも切羽からの排気量(Q_2)を多くすることで、集塵機から切羽に向かう気流(Q_2-Q_1)が、吸引捕集風管先端付近(15m)にエアカーテンを形成し、粉じんを切羽付近に閉じ込めることが出来ることにある。但し、送気風管の先端を切羽に近づけ過ぎると、切羽近傍の空気をかき乱すことでエアカーテンの形成を阻害し、切羽付近で発生する粉じんや汚染空気を坑内に拡散させてしまうことがある。

本報では、送気・吸引捕集方式を基本としつつも、複数のエアカーテンを形成することで、切羽付近で発生する粉じんや汚染空気の拡散を抑制し、吸引捕集効率を向上させることで坑内空気質を改善する新たな換気システムを提案する。

2. 新換気システムの提案

(1) 陽圧エアカーテン方式の概要

図-2(a)に陽圧式エアカーテン方式概念を示す。この方法は、送気風管先端(30m)の吐出方向をトンネル直交方向とし、加えて集塵機を通して得られた空気を同じ断面内(30m)でトンネル直交方向に吐出する。これによって、送気風管先端付近(30m)に周辺より気圧の高いエリア(陽圧エアカーテン)を形成し、切羽で発生する粉じんが坑内後方に拡散することを抑制しようとするものである。

(2) 送排気エアカーテン方式の概要

図-2(b)に送排気エアカーテン方式の概念を示す。この方法は、送気風管先端(30m)の吐出方向をトンネル直交方向とし、同量程度を同一断面内で排気してエアカーテンを形成する。加えて、集塵機(80m)からの排気をトンネル軸直交方向に吐出してエアカーテンを形成する。これにより、切羽から集塵機の上に3箇所エアカーテンを形成し、粉じんの拡散を抑制しようとするものである。

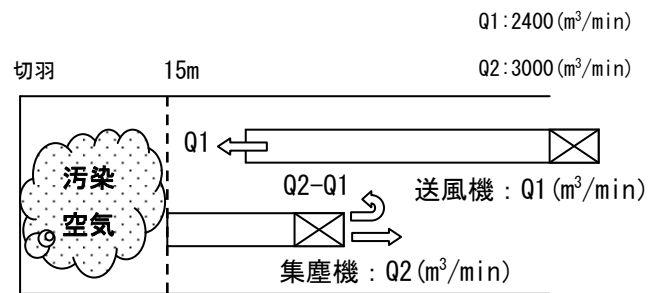
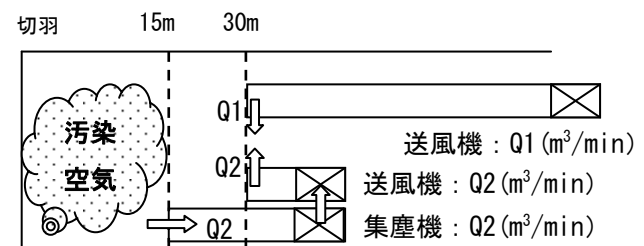
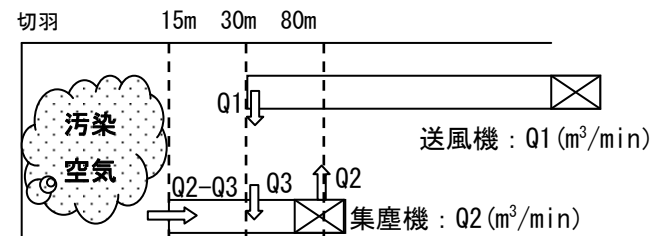


図-1 送気・吸引捕集方式概念



(a) 陽圧式エアカーテン



(b) 送排気式エアカーテン

図-2 新換気システム概念

キーワード トンネル換気, エアカーテン, 空気質改善, CFD 解析, 重力沈降モデル

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1(新宿センタービル) 大成建設(株)土木技術部 TEL 03-5381-5271

3. 数値解析的手法による空気質改善効果の検証

提案する換気システムの効果について、重力沈降モデルを考慮したCFD解析(Computational Fluid Dynamics)を用いて検証した。ここで、検証した坑内環境は、切羽面(断面積: 109m^2)から発生する粉じん量が、送気・吸引捕集方式による換気を実施した時、切羽後方 50(m)地点で $3(\text{mg}/\text{m}^3)$ となるよう設定した。

図-3 は、横軸に切羽からの距離、縦軸に粉じん濃度 (mg/m^3) を示す。切羽から 50m 後方の粉じん濃度は、送気・吸引捕集方式での $3(\text{mg}/\text{m}^3)$ を基準とし、陽圧式エアカーテン方式では、 $0.29(\text{mg}/\text{m}^3)$ 、送排気エアカーテン方式では、 $0.16(\text{mg}/\text{m}^3)$ となり、1/10 以下に改善できた。

また、提案する2つの換気方法は、いずれも吸引捕集風管先端付近(15m)で粉じん濃度が急激に低下し、送風管先端付近(30m)で基準濃度 $3.0(\text{mg}/\text{m}^3)$ の1/10 以下となっている。これは、 $5\text{m} \cdot 15\text{m} \cdot 30\text{m}$ 付近で形成した3か所のエアカーテンが、切羽付近で発生した粉じんの拡散を抑制した効果によるものであると思われる。

図-4(a)は、送気・吸引捕集方式、図-4(b)は陽圧式エアカーテン方式、図-4(c)は送排気エアカーテン方式での粉じん濃度分布(路盤から高さ $1.5(\text{m})$) を示す。図-4(a)では、送気風管から切羽方向に吐出されたエアが、吸引捕集風管先端付近(15m)のエアカーテンをかき乱した結果、粉じんが坑内に拡散しているが、図-4(b)、図-4(c)では、エアカーテンが明瞭に形成され、粉じん拡散が抑制されていることが確認できる。また、切羽から 50m 後方までの区間 $650(\text{m}^2)$ において、粉じん濃度が $3.0(\text{mg}/\text{m}^3)$ 以上である領域面積を比較すると、 $354(\text{m}^2)$ 、 $129(\text{m}^2)$ 、 $171(\text{m}^2)$ であり、今回提案する換気システムが、送気・吸引捕集方式に比べて、粉じんの拡散抑制に効果的であることが確認できた。

一方、粉じん濃度が $1.0(\text{mg}/\text{m}^3)$ 以下である領域面積を比較すると、 $0(\text{m}^2)$ 、 $481(\text{m}^2)$ 、 $271(\text{m}^2)$ であり、送気・吸引捕集方式に比べて、坑内全域で空気質を改善できることが確認できた。

4. まとめ

本報では、トンネル切羽付近の空気質改善を目的とした換気システムを2種類提案した。いずれも送気・吸引捕集方式を基本としつつも、より積極的に複数のエアカーテンを形成し、粉じんの拡散を抑制することで、空気質の改善を目指すものである。

切羽から 50m 後方での粉じん濃度を比較すると、提案する換気システムは、送気・吸引捕集方式に比べて 1/10 以下に改善できることが確認できた。また、粉じん濃度が $3.0(\text{mg}/\text{m}^3)$ 以上である領域面積を比較すると、送気・吸引捕集方式に対して、陽圧式エアカーテン方式では 36%、送排気式エアカーテン方式では 48% となり、切羽で発生した粉じんの坑内拡散面積を半分以下に抑制出来ることが確認できた。

今後は、実施工トンネルに本換気システムを導入し、粉じん測定等を通じた効果の検証やシステム改善を検討する予定である。

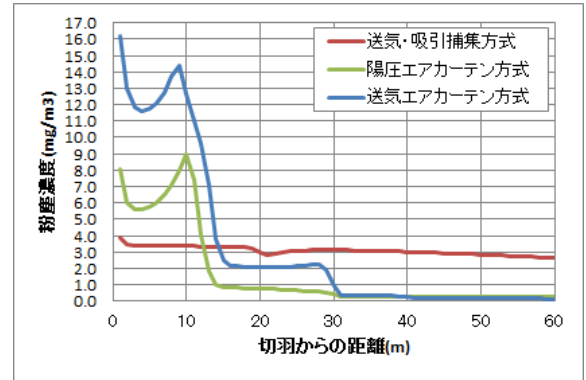


図-3 坑内粉塵濃度

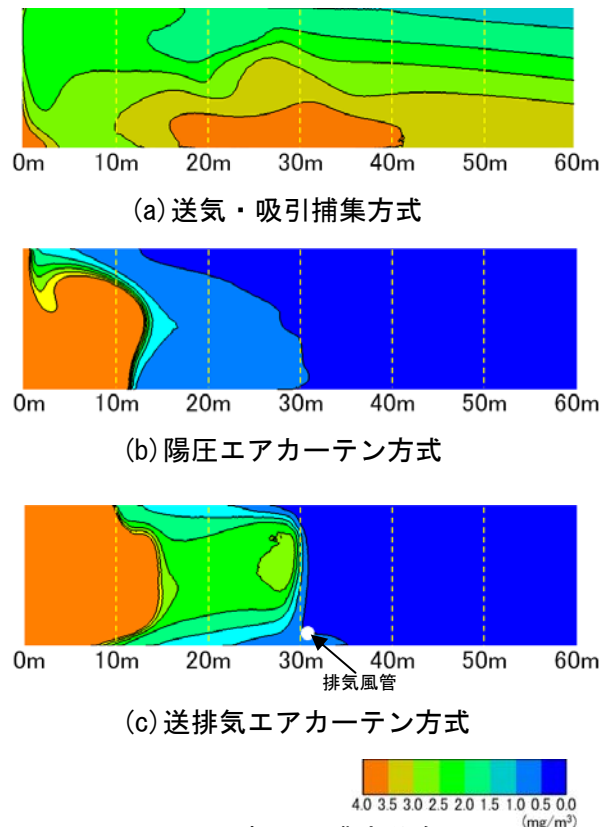


図-4 粉じん濃度分布