

2重エアーカーテン装置による集じん効率の向上

藤内 隆

トンネル掘削で発生する粉じんを集じん機で集じんするには、集じん効率を高める必要がある。集じん効率の高い集じん機を設置しても、坑内の風速等により、集じん機で捕集できなければ、坑内環境は改善されない。換気計画をたてる際には、粉じんが汚染された空気をいかに集じん機に導き、処理するかを検討する必要がある。

本稿では、粉じんが汚染された空気を集じん機に導くために、シミュレーション結果をもとにエアーカーテン装置を現場に導入して、集じん効率をあげた事例について述べることとする。

キーワード：エアーカーテン、集じん効率、流線、循環滞留

1. はじめに

トンネル工事において、換気は作業環境を確保する上で重要な要素になる。換気方式は坑外に送風機を設置して、風管でトンネル先端へ新鮮な空気を送り、坑道を通して排気する送気方式、トンネル内に送風機を設置して、汚染された空気を坑外へ風管で排出して、坑道を通して新鮮な空気を入れる排気方式に大別される。

今回、エアーカーテン装置を北海道夕張市に位置する一般国道452号大夕張トンネル（仮称）で採用した。当現場の換気方式は、周辺地域に可燃性ガスの発生のおそれがあったため、発生した場合に希釈できる送気方式で行った。

送気方式では、汚染された空気が坑道を通るため、トンネル内の環境が悪くなる可能性がある。通常、トンネル坑内は、粉じん発生を防止するため、粉じん低減剤を吹付けコンクリートに添加し、かつ集じん機を設置して、汚染空気の粉じんを除去するが（図-1）、今回はこれらの方法に加えて、集じん効率をあげる目的でエアーカーテン装置を使用した。

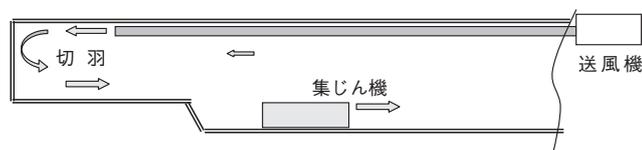


図-1 送気方式モデル

2. 換気設備

換気設備は、坑外に設置した送気ファンより $2,000 \text{ m}^3/\text{min}$ の風量を切羽へ送り、切羽から戻ってくる汚染空気を送風量より大きな能力の $2,400 \text{ m}^3/\text{min}$ の集じん機で集じんした。送風機には、近隣に民家があるため、騒音対策として防音シェルター内に設置して、さらにサイレンサー付きの送風機を導入した（写真-1 参照）。



写真-1 送風機設置状況（防音シェルター内）

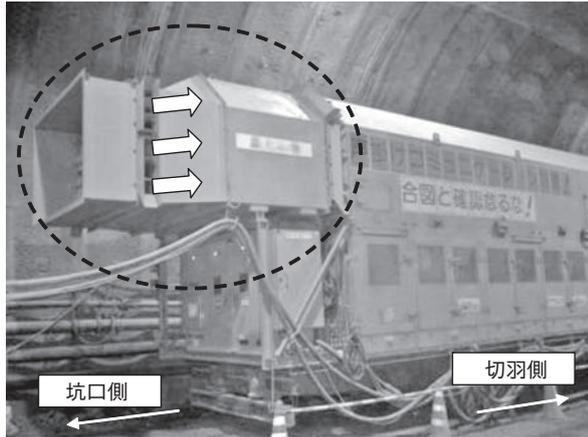
3. 二重エアーカーテン装置の概要

送気換気方式の場合、切羽で発生した粉じんが坑道を通るため、その粉じんを集じん機手前で封じ込めて、集じんするほうが、集じん機後方の環境はより改善される。坑道内の空気は、切羽から坑口に向けて $0 \sim 2 \text{ m/sec}$ の流速で流れているので、集じん機手前で粉

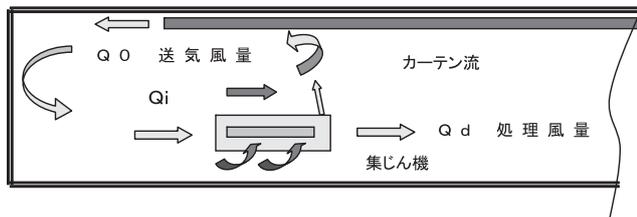
じんを封じ込めることができるエアーカーテンを形成する方法を考えた。

写真—2に集じん機の側方から風を起こして、エアーカーテンを形成する装置を設置した集じん機を示す。

このエアーカーテン装置により、坑口方向へ流れる風は、集じん機付近で封じ込めて、粉じんを集じん機で吸い込み口に導くことができた。図—2にエアーカーテンによる風の流れを示す。



写真—2 二重エアーカーテン装置



図—2 エアーカーテンによる風の流れ

4. シミュレーションによるエアーカーテン効果の検証

現場に導入するにあたり、効果を確認するために流体シミュレーションを行った。そこで、エアーカーテン装置が1基の場合は、集じん機後方の流線があり、封じ込め効果が十分でないことがわかった（図—3）。

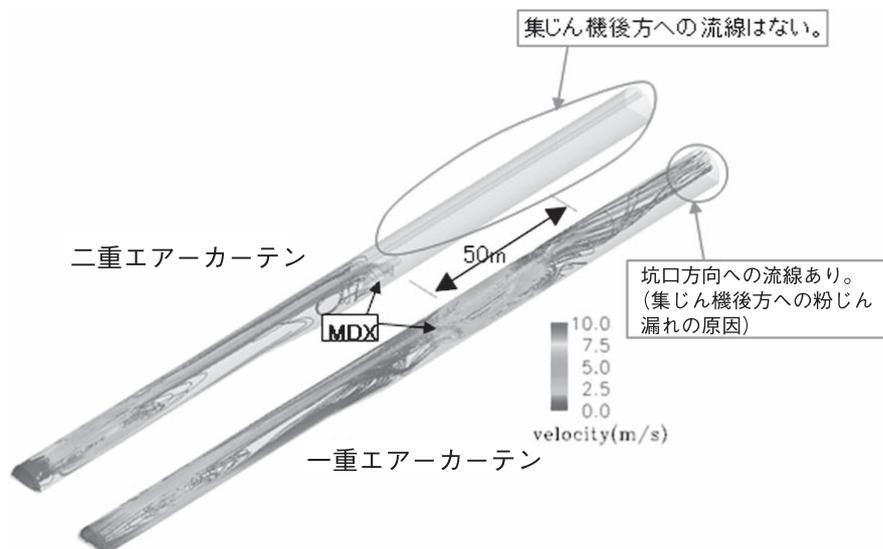
また、模擬粉じんを発生させたシミュレーションでも、集じん機付近で循環滞留した後、集じんされる粉じんと、坑口方向へ流れて集じん機で集じんされない粉じんがあることがわかる（図—4）。

次に、エアーカーテン風量の設定を行うために、送気風量を $1,800 \text{ m}^3/\text{min}$ に設定した場合のエアーカーテン風量を、 $0, 300, 800, 1,600 \text{ m}^3/\text{min}$ の4つのパターンでシミュレーションを行い、その効果を確認した。 $300 \text{ m}^3/\text{min}$ では、風量が少ないため坑口方向へ流れる流線がある。 $1,600 \text{ m}^3/\text{min}$ では風量が多いため、カーテン内で攪拌されて、風が坑口方向へ通過している。 $800 \text{ m}^3/\text{min}$ の場合が最もエアーカーテン効果があり、坑口方向へ流れる流線が少ない（図—5）。

上記の結果より、送気風量 ($1,800 \text{ m}^3/\text{min}$) と集じん機風量 ($2,400 \text{ m}^3/\text{min}$) の差の約 $600 \sim 800 \text{ m}^3/\text{min}$ をエアーカーテン風量に設定すると、最もエアーカーテン効果があることがわかった。

5. 現地測定結果

このシミュレーション結果を実証するため、現地測定を行った。測定は、集じん機前後 $10 \sim 20 \text{ m}$ ごとにトンネル内の粉じん濃度をデジタル粉じん計を用



図—3 流線比較

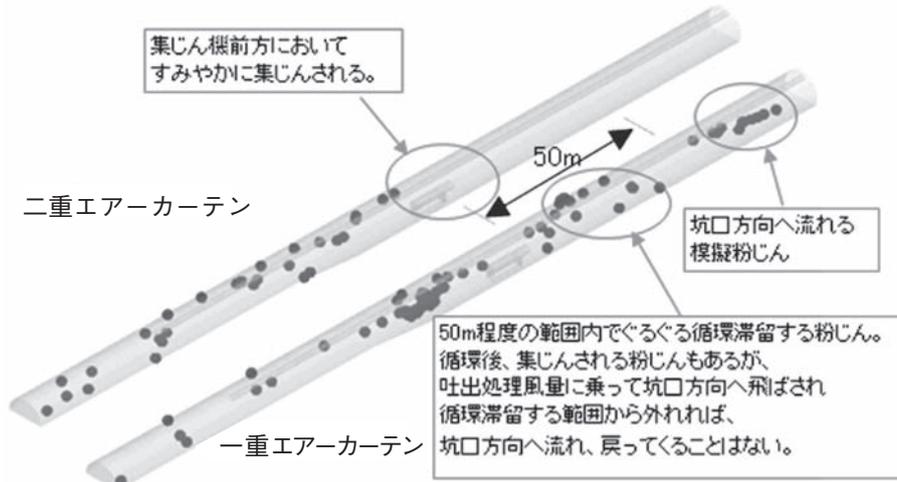


図-4 模擬粉じんによる比較



図-5 エアーカーテン風量比較

いて計測した。測定ポイントは、トンネル両壁面から1.5m離れた地点と、トンネル中央の地点の3点で計測した(図-6)。測定時間は1分間とし、各断面の3点の濃度を平均して断面平均濃度とした。測定は掘削時に計測した。

図-7に測定結果を示す。図中の横軸は、集じん機中心からの距離で、負の値は切羽側、正の値は坑口側を示す。

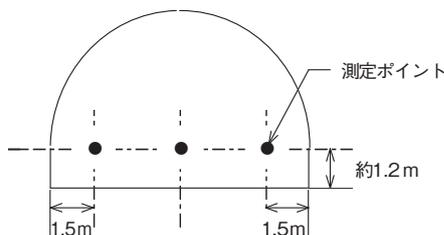


図-6 測定ポイント

一重エアーカーテンの場合は、集じん機の切羽側で粉じん濃度が低減しており、集じん機の坑口側での低

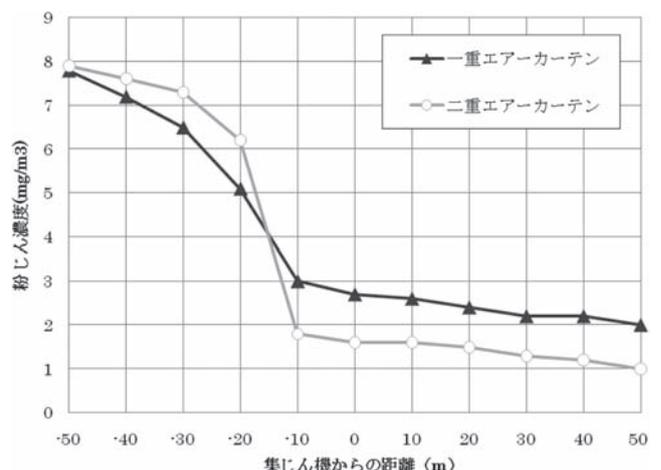


図-7 エアーカーテン方式による粉じん濃度の比較

減はあまり見られない。これは、集じん機で補足できない粉じんが集じん機の横を通過して、坑口側へ流れていることがわかる。一方、二重エアーカーテンの場合は、集じん機の切羽側で粉じん濃度が高いが、集じん機付近で大きく粉じん濃度が低減しており、エアーカーテン効果により、集じん機の粉じん捕捉率が高いことがわかる。

表—1に両方式の粉じん低減効果を比較するために、集じん機の坑口側と切羽側での粉じん濃度を平均して、低減率を算出した。

表—1 粉じん低減効率比較

	一重エアーカーテン	二重エアーカーテン
集じん機切羽側平均粉じん濃度 (A)	8.08 mg/m ³	8.10 mg/m ³
集じん機坑口側平均粉じん濃度 (B)	2.28 mg/m ³	1.32 mg/m ³
粉じん低減効率 (1-B/A)	72%	84%

これより、二重エアーカーテンのほうが約12%粉じん低減効果が高いことが実証された。

写真—3に掘削時の坑内状況写真を示す。集じん機の切羽側と坑口側の視界が分かれており、エアーカーテンが形成されているのがわかる。



写真—3 掘削時状況写真

6. まとめ

トンネル内の坑内環境を改善するには、集じん機の集じん効率をあげるだけでなく、発生粉じんを抑制することが重要であると考えられる。吹付作業時の発生粉じん対策は、現在多く試行されており、非常に効果があがっている。

今後、掘削時の粉じん対策は、良好な坑内環境を維持するためにも行う必要があり、換気設備の改善だけでなく、掘削機械の改善や工法変更を検討していくことが重要である。

J|C|MA

【筆者紹介】
藤内 隆 (とうない たかし)
清水建設㈱
土木技術本部

