

室内風洞施設によるトンネル建設中の粉じん捕集効率向上を目指した遮蔽体の設計

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○小林大輝
 鴻池組九州支店土木事業本部 正会員 谷純平
 山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人
 株式会社エムシーエム北陸センター 酒井 健二

1. はじめに

トンネル建設時に発生する粉じんは多量に吸入すると肺機能障害を引き起こす原因物質であるとともに、視認悪化により作業効率が低減する等の問題を有する。従って、換気設備や集じん設備による粉じんの低減や除去などの対策が必要不可欠である。

本研究ではトンネル模型を用いて、新たな換気法である希釈封じ込め方式で風洞実験を行い、送風機・集じん機の設置位置や処理風量を変化させ、粉じん捕集効率の変化を確認した。図-1 に概要図を示す。そして、より高い換気効果が期待できる遮蔽体と呼ぶ離壁を設置することによる粉じん捕集効率の影響を検討した。加えて、遮蔽体の形状や面積を変更し、捕集効率の高い遮蔽体の設計を行った。

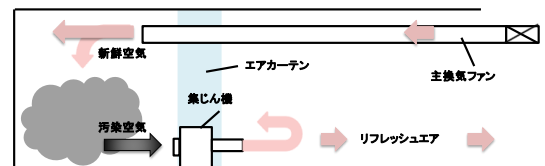


図-1 希釈封じ込め方式

2. 模型概要

トンネル建設時の坑内の換気状況を再現するために、図-2 に示すトンネル室内模型を使用した。この模型は山岳トンネル工法で施工中のトンネルを想定しており、縮尺は 1/10、断面積は 0.8m^2 、寸法は幅 1250mm × 高さ 800mm × 奥行き 6300mm である。材料はトンネルアーチ部が透明なアクリル板、下部はベニヤ板と木材を用いた。模型内の上部には送気風管、下部には吸込口と吐出口のついた集じん機を設置した。どちらも風管直径は 150mm であり、風量・位置関係が調節可能である。送風機はインバータにて $0\sim 20\text{m/sec}$ の風量を制御することができる。

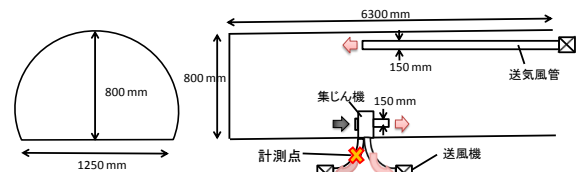


図-2 トンネル模型断面図

3. 実験概要

実験に用いた希釈封じ込め方式は、坑外に設置した主換気ファンを通して切羽に風を送り込むと同時に、坑内に集じん機を設置することで切羽方向への坑内風による空気の流れの壁であるエアカーテンを形成し、汚染空気を切羽付近に封じ込め後方への拡散を防止すると同時に除じんする換気法である²⁾。送風機・集じん機の風量と位置の違いによる粉じん捕集効率を調べ、遮蔽体を設置し同じ条件で実験を行った。遮蔽体の設置目的は、切羽付近から発生する汚染空気がトンネル内に物理的に拡散することを防止するとともに、断面積の一部が小さくなることで、切羽方向への坑内風がより速くなり、それより粉じんを封じ込めやすくするためである。そして捕集効率にどのような影響が表れるかを遮蔽体の形状・面積を変更しながら検討した。実験では汚染空気に見立てたドライアイス（ドライアイス）を模型内に拡散させ、その濃度変化により実験を行った。実験方法は、ドライアイスを 250g 昇華させ、5 秒間隔で CO_2 濃度を計測した。計測点は図-2 に示す集じん機吸込口と吸引機が繋がっている管内に設置した。これより観測された CO_2 濃度を用いて捕集効率 $\gamma(\%)$ を次式で求めた。



写真-1 遮蔽体を設置したトンネル模型

実験では汚染空気に見立てたドライアイス（ドライアイス）を模型内に拡散させ、その濃度変化により実験を行った。実験方法は、ドライアイスを 250g 昇華させ、5 秒間隔で CO_2 濃度を計測した。計測点は図-2 に示す集じん機吸込口と吸引機が繋がっている管内に設置した。これより観測された CO_2 濃度を用いて捕集効率 $\gamma(\%)$ を次式で求めた。

$\gamma = \text{吸引した}\text{CO}_2\text{の合計量}(\text{g}) / \text{昇華させた}\text{CO}_2\text{質量}(\text{g}) \times 100(\%) \dots (1)$ 表-1 に実験の検討パターンを示す。

希釈封じ込め方式、粉じん捕集効率、遮蔽体、送風機、集じん機

連絡先 山口大学工学部 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

4. 実験結果

実験によって得られた各ケースでのCO₂捕集効率を図-3(a), (b)に示す。図-3(a)中の遮蔽体のないケースの①～③では、集じん機の風量の値が大きく、離れた場所に設置したものが捕集効率も上昇していることがわかる。これは遮蔽体を設置したケースでも同じ傾向がみられる。しかし送気口の位置が4.5mのケース④～⑥では集じん機の風量の値が大きく、離れた場所に設置したものが必ずしも高い捕集効率を示しているわけではなかった。今回の結果で高い捕集効率を示したケース③と④は送風機の送気口と集じん機の吸引口の距離が1.5m以上離れている。これより希釈封じ込め方式で高い捕集効率を得るためには送風機の送気口と集じん機の吸引口を一定距離離す必要があると判断できる。続いて遮蔽体を設置することにより、全体的にCO₂捕集効率が5%~20%上昇していることがわかる。また、集じん風量の値が低いときでも高い換気効果を示している。これより遮蔽体の設置が捕集効率の向上に貢献していることに加え、換気に必要な風量を抑えることができ、省エネ対策も行うことが可能である。

図-10(b)に遮蔽体形状実験の結果を示す。遮蔽体の面積を30%に変更すると、捕集効率は減少し、遮蔽体なしのパターンとほぼ同じ結果となる。これより遮蔽面積をある程度確保しなければ、捕集効果は得られないと判断できる。また、遮蔽体形状が片側を覆うものと上部を覆うものの比較すると、捕集効率は片側のものが高い値を示した。これは遮蔽体の形状が及ぼす影響だけでなく、実験に使用しているCO₂の質量が空気よりも重いいため、上部に設置した遮蔽体では効率よくCO₂を抑え込められなかったことも考えられる。今回の実験結果から、遮蔽体はある程度の遮蔽面積が必要であり、上部よりも片側断面を覆う形状のものが高い換気効果を得られることがわかった。

5. まとめ

希釈封じ込め方式での模型実験を通して、集じん効率には送風機・集じん機の風量、位置が大きく関係していることが分かった。また、遮蔽体の設置は汚染空気を切羽付近に封じ込め、拡散を防止する働きをし、集じん効率を全体的に向上させた。これより必要な換気風量を抑え、効率のよい換気を行うことが可能である。また、遮蔽体はある程度の遮蔽面積があり、トンネル断面の片側を覆う形状のものが高い換気効果を得られるという結果となった。今後は、本研究の実験結果の整合性を確認するために現場での適用や数値流体解析を行いたい。

参考文献

- 1) 厚生労働省: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, pp322-323, 2011.
- 2) 建設労働災害防止協会:新版ずい道建設工事における換気技術指針, pp66-69, 2012.

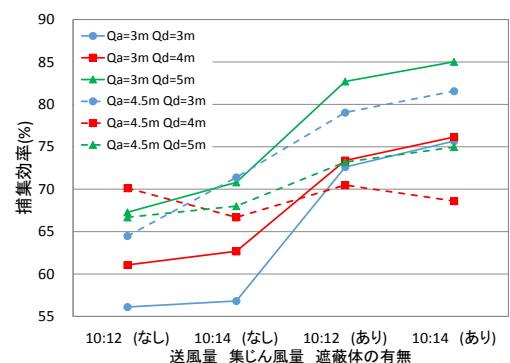
表-1 検討パターン

(a)遮蔽体の有無

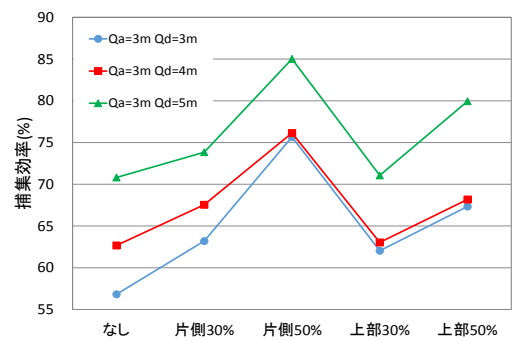
実験ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
送気風量 Qa(mg/m ³)	10					
送気口位置 (m)	3			4.5		
集じん機風量 Qd(mg/m ³)	12,14	12,14	12,14	12,14	12,14	12,14
集じん機位置 (m)	3	4	5	3	4	5
遮蔽体の有無	無有	無有	無有	無有	無有	無有

(b)遮蔽体の形状

実験ケース	①	②	③	④	⑤
送気風量 Qa(mg/m ³)	10				
送気口位置 (m)	3				
集じん機風量 Qd(mg/m ³)	14				
集じん機位置 (m)	3,4,5	3,4,5	3,4,5	3,4,5	3,4,5
遮蔽体の形状	なし	片側30%	片側50%	上部30%	上部50%



(a)遮蔽体の有無



(b)遮蔽体の形状

図-10 各パターンのCO₂捕集効率