

トンネル施工時の換気設備位置が換気効率に及ぼす影響

極東興和(株) 正会員 ○橋本 宗
 山口大学 正会員 林 久資
 株式会社エムシーエム 酒井 健二
 山口大学 フェロー会員 進士 正人

1. はじめに

山岳トンネルの建設時は、発破や機械による掘削、ずり処理、コンクリートの吹付け作業等によって、トンネル坑内に粉じんが発生する。この浮遊粉じんは、肺機能障害の原因並びに視認悪化による作業効率低下を引き起こすため換気方法の改良や吹付材料の改善などが取り組まれている。そのような中、2020年7月に「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」が厚生労働省によって改定された。その中には、トンネル施工における一連の作業を対象に粉じん濃度を計測し、平均粉じん濃度を $2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下にする具体的な目標レベルが示され¹⁾、ガイドライン改正前よりもトンネル施工環境をさらに改善する方向に進んでいる。例えば、トンネル施工時における換気方式においても、従来の拡散希釈方式から、集じん機を坑内に導入し坑内で換気する方式である希釈封じ込め方式や吸引捕集方式が主流になっている。希釈封じ込め方式では、主換気ファンと坑内集じん機を同時に稼働させることで切羽近傍にエアカーテンを形成し、切羽付近の粉じんを封じ込め捕集を行う。エアカーテンの形成には集じん機等の換気設備の配置位置が重要となる。吸引捕集方式は、主換気ファンと集じん機を同時に稼働させた上で、集じん機には切羽付近まで伸縮可能な吸引ダクトを有する風管が取り付けられている。

吸引ダクトにより切羽付近で直接的に粉じんを捕集できるため、切羽近傍での作業環境は良好になると想定される。

しかしながら吸引捕集方式において吸引ダクトの位置やラップ部の長さ等の換気設備の設置位置が換気効率の高低に及ぼす影響は不明確であり、換気設備の配置の検証は不十分であるといえる。

本研究では、ドライアイス (CO_2) をトンネル坑内

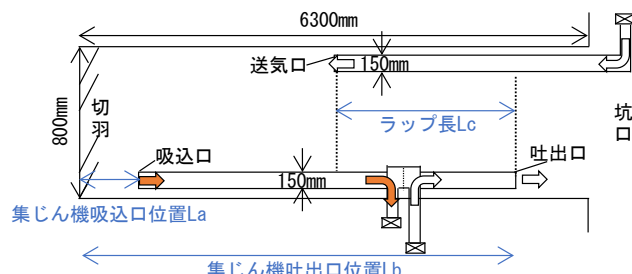


図-1 吸引捕集方式風洞縦断面図

表-1 実トンネルと風洞の諸元

	実トンネル	トンネル風洞
風管送風量(m^3/min)	1000	14.4
風管直径 $L_1(\text{m})$	1.5	0.15
風管風速 $v_1(\text{m/s})$	9.43	13.6
Re_1 (風管) $v_1 * L_1 / \nu$	9.36×10^5	13.5×10^4
切羽からの位置 $L_1'(\text{m})$	30	4.5
Re_2 (トンネル) $v_1 * L_1' / \nu$	1.87×10^7	4.04×10^6

で発生する粉じんに見立て、室内風洞実験による吸引捕集方式における効率的な換気方法を検討する。

2. トンネル風洞の概要および CO_2 による粉じんの模擬について

トンネル建設時の坑内換気を再現するために、トンネル風洞(図-1)を作成した。この風洞は NATM で施工中のトンネルを想定している。縮尺は実トンネルの 1/10 スケールで相似されており、断面積は 0.8m^2 、寸法は幅 1250mm × 高さ 800mm × 奥行き 6300mm である。図-1 に風洞縦断面図を示す。送気口と吐出口から送風、吸込口から吸引しトンネル内の流れ場を再現した。

また、実トンネルとトンネル風洞の風の流れに着目し、両者の風管内とトンネル空洞内の 2 つの流れ場の Re 数を試算した。その結果を表-1 に示す。円管内流れの臨界 Re 数は 2000 であり、それを超えると乱流域に入る²⁾。表-1 より両者ともに乱流域に十分に達するほど、大きな Re 数が確保されていることがわかる。そのため、近似相似則により、両者の Re

キーワード トンネル粉じん, 吸引捕集方式, 風洞実験, CO_2

連絡先 〒732-0052 広島市東区光町2丁目6番31号 極東興和株式会社 TEL 082-261-1207

数の一致条件は除外できると考えた³⁾。

本研究では、トンネル坑内で発生する粉じんを、ドライアイスから発生するCO₂で模擬した。トンネル坑内の粉じんの物性調査⁴⁾より、坑内浮遊粉じんの平均粒径はおよそ2~10 μ mと小さく、粉じんはほぼ気流により流動することがわかっている。CO₂も気流により風洞内を流動するため、粉じんとCO₂の両者は比較的似た挙動を示すと想定した⁵⁾。

3. 吸引捕集方式による実験結果および考察

本実験では、風洞切羽近傍にて250gのドライアイスを15分間昇華させ、新ガイドラインに従って、**図-2**のように風洞内に6点と集じん機吸引ダクト内に測点を設けてCO₂濃度(ppm)の測定を行った。**表-2**に実験条件を示す。まず**図-1**に示す集じん機吸引ダクト位置Laを変更し、吸込位置の違いによる換気への影響を実験した。**図-3**にLaの違いによる平均CO₂濃度について示す。ここで平均CO₂濃度とは、計測前の初期濃度から増加したCO₂濃度の900秒平均値を示している。また今回は、同条件での2回の実験平均値をプロットしている。なお、現場においては**図-1**に示すラップ部を設けることが一般的であるため、ラップさせた際の実験結果について考察をした。**図-3**より、Laを切羽に近づけることでダクト内のCO₂濃度が上昇、各測点のCO₂濃度が下降していることがわかる。このことから、Laを切羽に近づけることでCO₂濃度が低下するため吸引ダクトによる効率的な捕集が可能となることがわかり、坑内への粉じん拡散を抑制できると考えられる。

次にLa=0.5mに固定し、ラップ長Lcの違いによる平均CO₂濃度の変化について**図-4**に示す。この図よりLcの増減に関わらず、各測点での平均CO₂濃度に大きな差は見られない。そのため、Lcの変化に伴う換気への影響は概ねないと考えられる。従って、吸引捕集方式ではラップ部の有無に関係なく、吸引口を切羽近傍に設けることで効率的な換気が期待できることがわかった。

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, p.3, 2020.
- 2) 及川正行ら：地球環境を学ぶための流体力学, 成山道書店, pp.158-159, 2006.
- 3) 劉康ら：置換換気室内の汚染物濃度分布予測における模

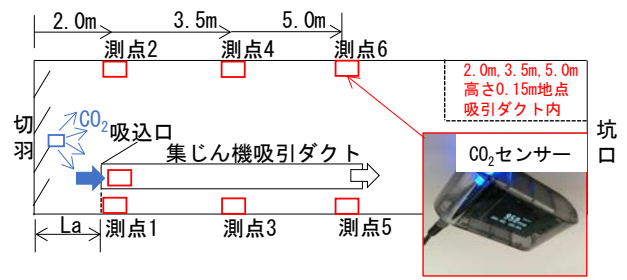


図-2 風洞内計測点平面図

表-2 実験条件一覧

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
送風量(m ³ /min)	14.40								
集じん風量(m ³ /min)	17.20								
送気口位置(m)	4.50								
集じん機吸込口La(m)	2.00			1.00			0.50		
集じん機吐出口Lb(m)	5.25	4.50	3.75	5.25	4.50	3.75	5.25	4.50	3.75
ラップ長Lc(m)	0.75	0.00	-0.75	0.75	0.00	-0.75	0.75	0.00	-0.75

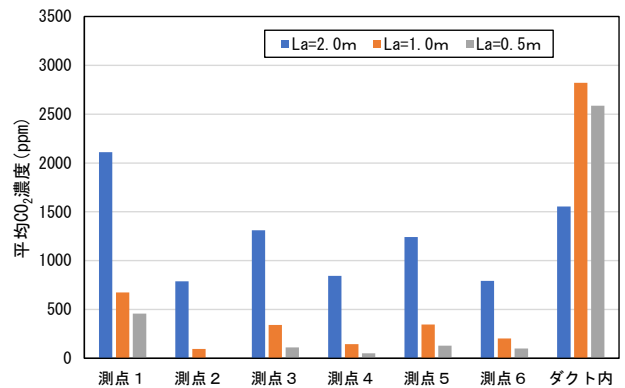


図-3 Lc=0.75m時の平均CO₂濃度

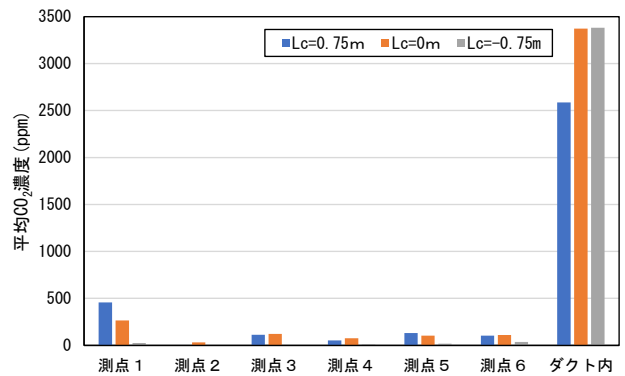


図-4 La=0.5m時の平均CO₂濃度

型実験法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001.

- 4) 谷純平ら：インド開削現場における粉じんの分析と簡易粉じんの測定, 土木学会中国支部研究発表会概要集, VI-2, 2012.
- 5) 金岡ら：山岳トンネルにおける切羽近傍の換気気流と粉じん濃度の解析, 土木学会論文集, No.714, VI-56, pp.43-52, 2002.