

流体解析によるトンネル施工時の遮蔽体による有用性と効果に関する研究

山口大学大学院創成科学研究科 学生会員 ○唐本亮太郎
 西松建設株式会社 九州支社 正会員 辻岡高志
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 森本真吾
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 進士正人

1. はじめに

山岳トンネル施工時は発破、機械掘削やコンクリート等により、切羽付近で高濃度の粉じんが発生する。そのため、粉じんの吸引による作業者の健康維持が懸念されている。坑内環境改善のために、ガイドライン¹⁾では、切羽から 50m 地点において、粉じん濃度目標レベルとして $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下にすることが定められている。このような目標レベルを達成するために、換気設備や集じん設備による粉じん濃度の低減対策が必要不可欠であり、吸引捕集式換気法が近年よく採用されている。そして、より積極的に、エアカーテンを形成することを目的として粉じん発生時に、トンネル断面を遮蔽体で塞ぐ換気方法が考案されている。

本研究では、この遮蔽体の効果を数値解析で確認することを目的とした。

2. 現場概要および現場測定

A トンネルは全長 551m、断面積約 83m^2 の道路トンネルであり、掘削方式は山岳トンネル工法である。また、換気方式は遮蔽体を併用した、吸引捕集方式を採用しており、送気口が切羽から 30m 地点、集じん機の吸引口が切羽から 45m 地点に設置され、施工が行われた。この A トンネル坑内の地表面から 1.5m 地点において、坑内風向と風速の測定が実施され、坑内風況を把握が行われた²⁾ (図-2 参照)。

3. 流体解析概要

本研究では、A トンネルで行った風況の現場測定結果 (図-2 参照) を流体解析により再現し、得られた解析結果の信頼性を確認するとともに遮蔽体の有用性を検討する。本研究の流体解析には、有限体積法に基づく解析プログラムである OpenFoam を用いた。OpenFoam は数値流体解析のソルバ群であり、本研究では SIMPLE 法の一つである非圧縮性定常乱

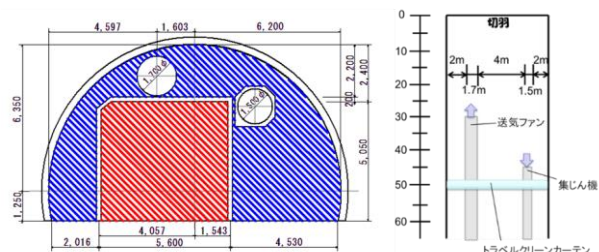


図-1 沖縄県 A トンネル概要

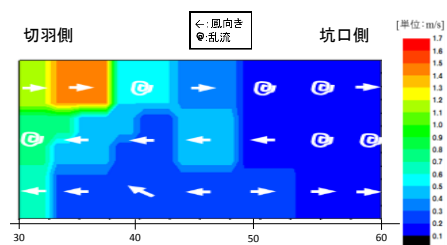
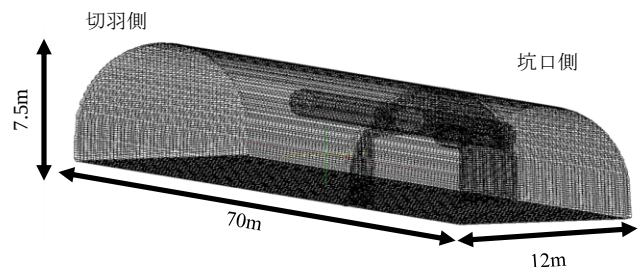
図-2 地表面から 1.5m 地点での風況計測結果²⁾

図-3 解析モデル

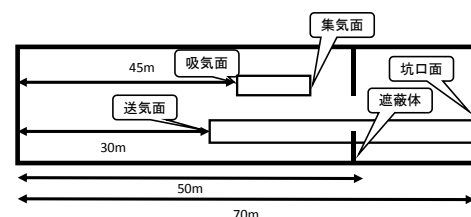


図-4 換気設備および概要図

流解析ソルバ (simplefoam) を用いて解析を行った。図-2 の結果を再現するために、A トンネルを模擬したモデルを作成した (図-3 参照)。その際の換気設備および遮蔽体の設置位置を図-4 に、遮蔽体面積を図-5(h) に示す。加えて、遮蔽体の有用性を確認するために、図-5 (a) ~ (g) に示すように、遮蔽体形

キーワード トンネル, 粉じん, 換気システム, 流体解析, OpenFOAM

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1 山口大学工学部 社会建設工学科 進士研究室 TEL0836-85-9332

状と位置を変更し作成した解析モデル、また、各種初期条件および境界条件を表-1に示す。

4. 流体解析による風況の再現結果

図-5(h)の遮蔽体を用いた解析によって得られた結果を図-6に示す。流体解析による現場の坑内風況の再現性を確認するために、計測結果(図-2)と解析結果(図-6)の比較を行う。解析の風速最大値は、図-2に示す計測のそれと比較して約0.4m/s大きい結果となった。その理由としては、重機を考慮していないこと、また、坑壁の摩擦係数を簡略化していることが考えられる。

本研究では、遮蔽体の有無および形状の変化による封じ込め効果の比較を目的としており、風向は概ね一致していることから、比較検討には影響しないと判断し、本解析モデルの物性値を採用することとした。

5. 遮蔽体の有用性とその性能の検討

遮蔽体が封じ込め効果に与える影響を把握するために、遮蔽体開口部断面でのトンネル掘進方向を正とする坑口方向に流出している速度ベクトルの割合を算出し、図-5の各8ケースの結果をプロットした。その結果を図-7に示す。この図から、遮蔽体あり(b)～(h)の流出割合は、遮蔽体なし(a)よりも低い値となることがわかる。よって、遮蔽体の設置には粉じん封じ込め効果があり、遮蔽体の設置は有用性が高いと判断できる。また、遮蔽体断面積割合50%(c)、(d)と遮蔽体断面積65%(h)を比較すると、(c)、(d)は(h)よりも高い封じ込め効果が確認できた。従って、遮蔽する位置によって、封じ込め効果に差が生じることがわかる。この結果を踏まえて、遮蔽体断面積25%である(b)、(d)、(f)を比較すると、(b)、(d)、(f)の順で、より高い封じ込め効果があることがわかった。このことから、送風管側に遮蔽体を設置することで、効率よく粉じんを封じ込めていることがわかる。一方で、トンネル上部を遮蔽するケースは、封じ込め効果の確認はできたものの、左右に設置した場合と比較して封じ込め効果は低い傾向となる。このことによりトンネル断面上部よりも、トンネル左右部を遮蔽することが重要であると考えられる。

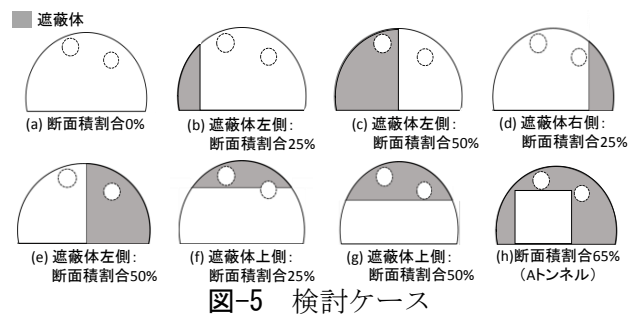


図-5 検討ケース

表-1 各種物性および境界条件

乱流モデル	標準 k-εモデル	
	送気面	流れは流入境界 圧力0均配
境界条件	吸引面	流れは流出境界 圧力初期値P=1気圧
	集気面	速度0均配 圧力初期値P=1気圧
	坑口面	自由流入・流出 圧力初期値P=1気圧
	壁面、管路面	速度0固定 圧力0均配
風量設定 (m ³ /min)	送気風量	1500
	吸引風量	1800

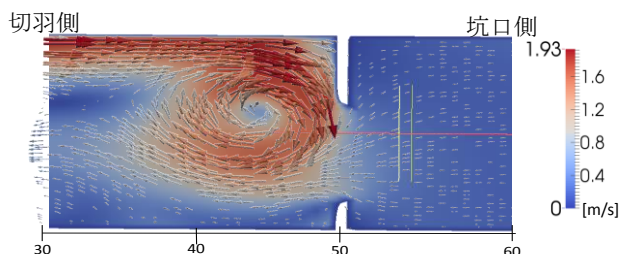


図-6 1.5m 地点での速度ベクトル表示

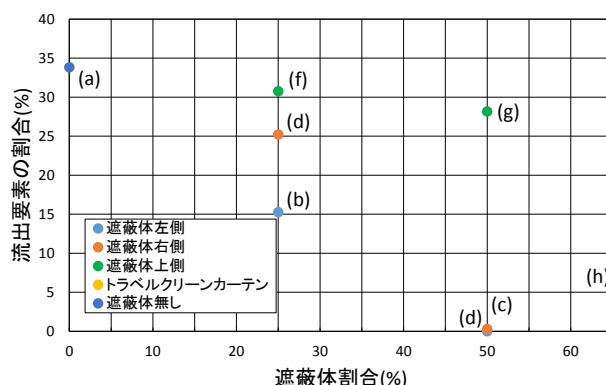


図-7 遮蔽体開口部での坑口方向への流出割合

6. まとめ

本研究では OpenFoam を用いて A トンネルの現場の坑内風況を再現し、遮蔽体断面積と形状が異なる計 8 ケースで比較を行った。その結果、遮蔽体による粉じん封じ込め効果は高くなったことから、遮蔽体の有用性が確認できた。また、送風管側に遮蔽体を設置することで、高い粉じん封じ込め効果を得られることがわかった。

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，pp.322-323，2011.
- 2) 井上遥 他：トンネル坑内風況の現場実験と解析による検討，土木学会中国支部第 67 回研究発表会，VI-2，2015.