

流体解析によるトンネル施行時の風況の再現と遮蔽体の有用性に関する研究

山口大学創成科学研究科 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
山口大学創成科学研究科 正会員 森本真吾
山口大学創成科学研究科 正会員 進士正人

1. はじめに

山岳トンネル施工時に実施される発破、機械掘削やコンクリート吹き付け等により、切羽付近では非常に高濃度の粉じんが発生している、そのため施工時の視認悪化による作業効率の低下や、粉じんの吸引によるじん肺症の発症などが懸念されている。そこで、トンネルの坑内環境を改善するために、トンネル切羽から50m地点において $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下¹⁾の粉じん濃度目標レベルが定められている。このような目標レベルを達成するためには、換気設備や集じん設備による粉じん濃度の低減対策は必要不可欠であり、その対策の一つとしてトンネル断面の一部を遮蔽体で覆う吸引捕集式換気法が提案されている。

本研究では、遮蔽体を導入したトンネル施工現場の坑内風況を流体解析によって再現する。その上で、解析上で遮蔽体の断面積を変化させ、切羽から50m地点において、粉じん封じ込め効果が高い遮蔽体の断面積およびその形状について検討した。

2. 現場概要および現場測定

沖縄県 A トンネルは全長 551m、断面積 83.176m^2 の道路トンネルであり、掘削方式は NATM である。また、換気方式は吸引捕集方式を採用しており、送気口を切羽から 30m 地点、集じん機吸引口を切羽から 45m 地点に設置し施工が行われた。この A トンネル坑内の地表面から 1.5m 地点において、線香の煙による坑内風向の可視化と微風速計による風速の測定を行い、坑内風況の把握を実施した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。

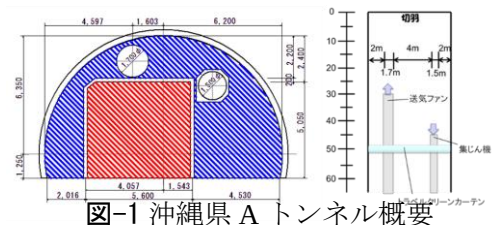


図-1 沖縄県 A トンネル概要

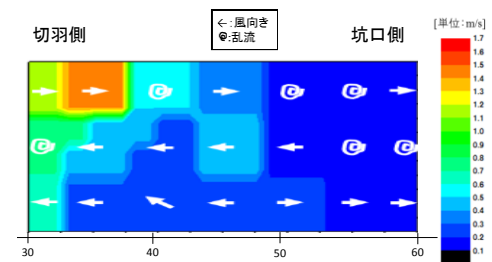


図-2 地表面から 1.5m 地点での計測結果²⁾

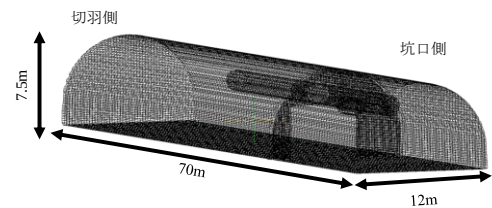


図-3 解析モデル

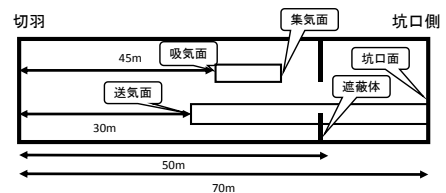


図-4 換気設備および遮蔽体位置

本研究の流体解析には、有限体積法から成る OpenFoam を用いた。OpenFoam は数値流体力学解析のソルバ群であり、本研究では SIMPLE 法からなる非圧縮性定常乱流解析ソルバ (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)。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(a) に示す。加えて、遮蔽体の有用性を確認するために、図-5

キーワード 執筆要領, 書式, PDF ファイル, 電子投稿, 年次学術講演会

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

TEL 0836-85-9332

(b)～(d)に示すように、遮蔽体形状を変更した解析モデルを作成した。また、解析に必要な各種初期条件および境界条件を表-1に示す。

4. 流体解析による現場の再現結果

図-5(a)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、図-2と図-6の比較を行う。図-6の風速の最大値は、図-2の風速最大値と比較して約0.5m/s程大きい結果となった。このように解析で若干高い値を示した理由は、実際の現場では切羽付近に重機が存在しており、坑内の風の流れを阻害するためであると考えられる。本研究では、遮蔽体の有無および断面積の変化による封じ込め効果の比較を目的としているため、風向きの状態が一致していれば風速は、再現できているものと判断した。比較検討に影響を与えないと判断し、本解析モデルを以降でも採用することとした。

5. 遮蔽体の有用性の検討

図-5のような遮蔽体断面積割合を変化させた計4ケースの解析を行った。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でのトンネル掘進方向を正とする速度ベクトルの平均値と、坑口方向に流出している速度ベクトルの割合を算出した。その結果を図-7、図-8にそれぞれ示す。図-7から、遮蔽体あり(遮蔽体断面積割合 25%, 50%, 65%)は、遮蔽体なし(0%)よりも平均速度は高い値を示し、図-8から流出割合は低い値を示していることがわかる。このことから、遮蔽体を用いることによって、粉じん封じ込め効果が向上していることがわかり、遮蔽体に有用性があることがわかった。一方で、遮蔽体断面積割合が0%～50%では粉じん封じ込め効果が確認できたが、50%～60%では、粉じん封じ込め効果が低下していることがわかる。

遮蔽体断面積割合 50%において最も少ない流出割合を示していることから、断面積割合だけでなく、形状などが粉じん封じ込め効果に大きく影響を与えていることがわかる。よって適切な形状の遮蔽体を選択することによって高い、粉じん封じ込め効果を期待できると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究ではOpenFoamを用いてAトンネルの現場の坑内の風況を再現し、遮蔽体断面積の割合が異なる4ケースで解析を行った。その結果、遮蔽体ありの場合

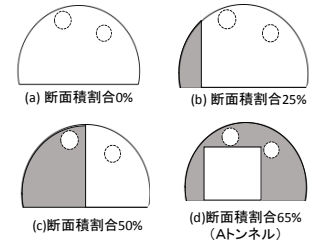


図-5 検討ケース

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
境界条件	送気面
	流れは流入境界
	圧力0勾配
	吸引面
	流れは流出境界
	圧力初期値P=1気圧
風量設定 (m³/min)	集気面
	速度0勾配
	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
	送気風量
	1500
	吸引風量
	1800

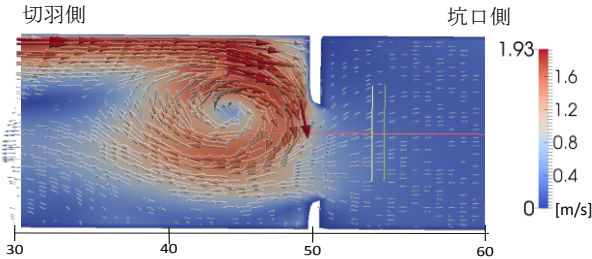


図-6 1.5m 地点での速度ベクトル表示

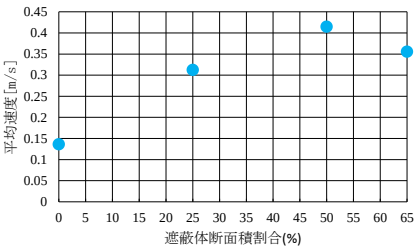


図-7 遮蔽体開口部での平均速度

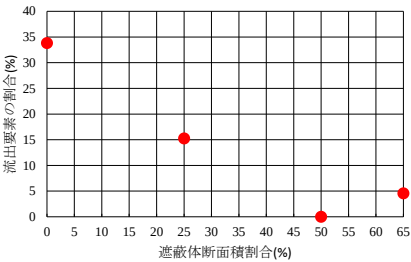


図-8 遮蔽体開口部での流出割合

は遮蔽体なしと比較し、粉じん封じ込め効果が上昇したことから、遮蔽体の有用性が確認できた。今後はより封じ込め効果の高い遮蔽体の形状や断面積および最適な送気、吸引量の設定を行う。

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，2015.