

トンネル切羽付近の空気質改善を目的とした新換気システムの評価 CFD 解析によるトンネル内温度分布を考慮した検討

大成建設(株) 正会員○柴田勝実 樋渡 潔 国分 茂夫

1. はじめに

これまで、著者らは、図 1 に示す送気・吸引捕集方式をベースにした新たな換気システム（並列円筒面送気口方式）について CFD（数値流体力学）解析¹⁾及び現地測定²⁾により検討を行ってきた。

当初の CFD 解析では、トンネル内が等温状態であることを条件としてきた。現地測定の結果、坑口側からの送気口温度は外気の影響を、集じん機側の送気口温度は集じん機の発熱の影響を大きく受け、両者には約 8℃の温度差があることが分かった。また、重機（吹付機の特にコンプレッサ、トラックミキサ）の発熱も肌で感じられるほど大きいことも分かった。

そこで、本報では、トンネル内の発熱が粉じん濃度分布に与える影響について、CFD 解析により検討を行った結果について報告する。

2. 解析概要

2.1 解析ケース

表 1 に解析ケースを示す。Case1 は等温の場合、Case2 は発熱を考慮した場合である。考慮するのは、送気口温度、トンネル壁面温度、重機発熱(集じん機、吹付機、トラミキ)であるが、重機の形状は再現せず対象重機の発熱部分で体積発熱する設定とした。

2.2 解析モデル・解析条件および境界条件

図 2 に解析モデル、図 3 にトンネル断面及び風管配置、表 2 に計算条件及び境界条件を示す。尚、風量、温度、発熱条件等の設定は、現地測定の結果に基づいて行った。また、外気は簡易的にトンネル内にて設定した。

3 解析結果および考察

図 4 に粉じんの濃度分布を示す。Case1（等温）の場合と Case2（発熱考慮）の場合を比較すると、Case2 の方が粉じんが拡散している。結果を分析すると、坑口側送気口温度が低いことにより、切羽に向かって左側のエリアの風速が大きくなりバランスが崩れていることがわかった(平面図赤矢印)。また切羽で発

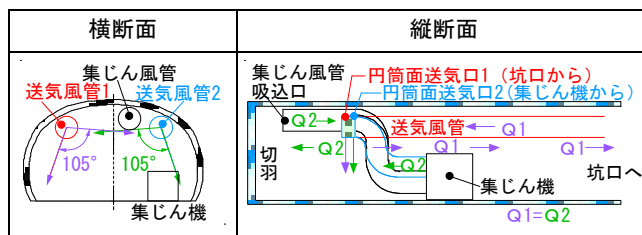


図 1 換気方式概要（並列円筒面送気口方式）

表 1 解析ケース

	条件	備考
Case1	等温	
Case2	発熱を考慮	坑口外気温度、送気口温度、壁面温度 重機発熱(集じん機、吹付機、トラミキ)

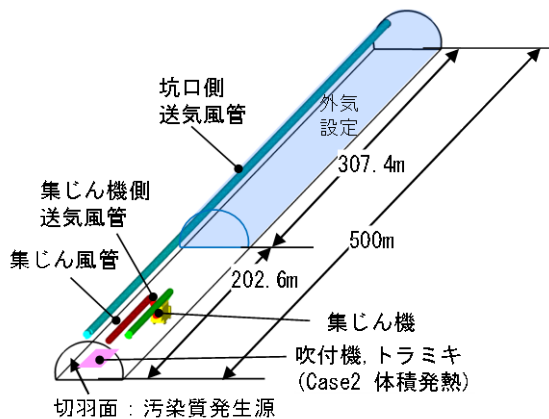


図 2 解析モデル

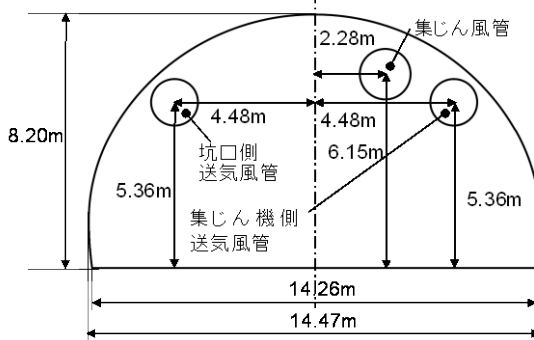


図 3 トンネル断面形状および風管配置

生した粉じんは、重機の発熱の影響によりトンネル上部に上昇する風速がより顕著となり（断面図赤矢印）、切羽から 30m の距離まで拡散、その後エアカーテンで降下し、再び切羽側に向かうことにより切羽から 30m 付近の濃度も上昇していることがわかった。それに対して Case1 では、気流性状により粉じんの上昇は見られるものの風速は非常に低く、粉じんは

キーワード トンネル換気、エアカーテン、並列円筒面送気口方式、CFD 解析、温度分布

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1(新宿センタービル) 大成建設(株)土木技術部 TEL 03-5381-5271

表 2 計算条件および境界条件

解析メッシュ	約6,500,038(流体要素のみ)
乱流モデル	標準k-εモデル
空気温度*	外気:17.8℃, 坑口側送気口:20.5℃ 集じん風管吸込口,送気口:成り行き
集じん風管吸込風量**	Case1 :1,840m ³ /min. Case2 :1,856m ³ /min.
坑口側送気口風量	Case1,2 :1,855m ³ /min.
集じん機側送気口風量	Case1 :1,840m ³ /min. Case2 :成り行き(温度上昇)
送気口(円筒面)風速	坑口側 Case1,2 :13.1m/s 集じん機側 Case1 :13.0m/s Case2 :成り行き
壁面温度 切羽-坑口間(202.6m)	切羽面23.8℃, 床面:13.4~17.4℃, 右側壁:14.0~20.8℃,左側壁:13.4~22.4℃, 天井:17.2~24.1℃
機器発熱	集じん機219kW(集じん機側吹出空気加熱), 吹付機:207kW, トラミキ104.4kW
切羽面粉じん発生量	2.77kg/(m ² ・s) 切羽面から均一に発生。
集じん機集じん効率	100%
粉じんの重力沈降速度	6.92×10 ⁻³ m/s(設定粒径:10μm)

*Case1の温度は, Case2の坑口側送気口温度にて基準化
**Case2の風量は, 測定時の吸込口風量

より多く直接集じん風管に回収されている。

図 5 に切羽からの距離と平均粉じん濃度の関係を示す。切羽付近から約 12m の距離までは, Case2 の方が低い濃度を示すが, 12m~60m については, Case1 の方が低い濃度を示す。50m 地点における平均粉じん濃度を比較すると, Case1 は 0.54mg/m³ であるのに対し Case2 は 1.51mg/m³ と約 2.8 倍大きい値を示す。

表 3 に高さ 1.5m における切羽~切羽後方 50m 間の濃度面積比を示す。3.0mg/m³ 以上の面積は, Case1 は 0.24, Case2 は 0.56 であり, Case2 に対して Case1 は約 43%の値を示す。1.0mg/m³ 未満の面積は, Case1 は 0.47, Case2 は 0.07 であり, Case1 の方が Case2 に比べて約 7 倍大きい面積を示す。

表 4 に集じん風管吸込口での捕集率を示す。Case1 は 0.84, Case2 は 0.77 であり, Case1 の方が Case2 に比べて約 1.1 倍高い捕集率を示す。

以上の結果は現地測定の結果とも整合的であり, トンネル内の発熱が粉じん濃度に大きく影響を及ぼしていることと考えられる。

4 まとめ

本報では, 発熱が粉じん濃度分布に与える影響を把握した。この影響は, 本システムに限らず一般的なトンネルでも生じる現象であると考えられる。

参考文献

1) 文村 賢一他: トンネル切羽付近の空気質改善を目的とした換気システムの検討, 土木学会論文集 F1 (トンネル工

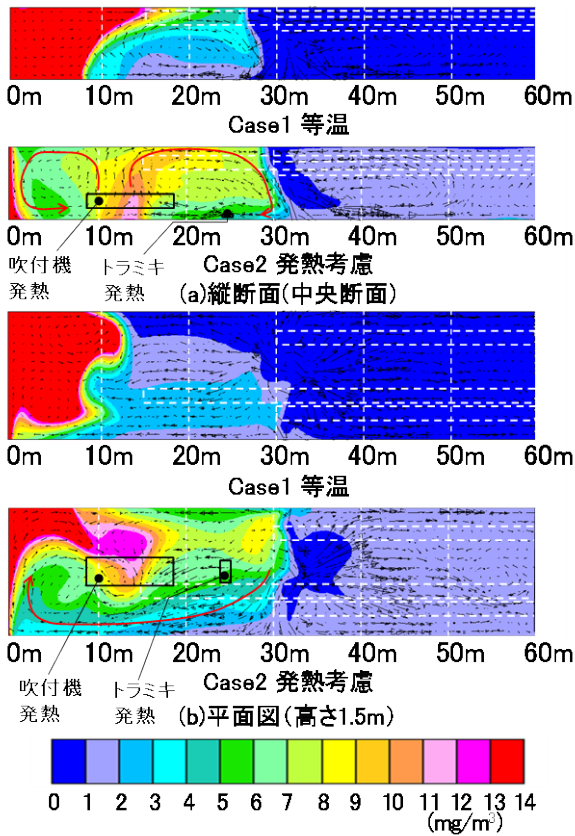
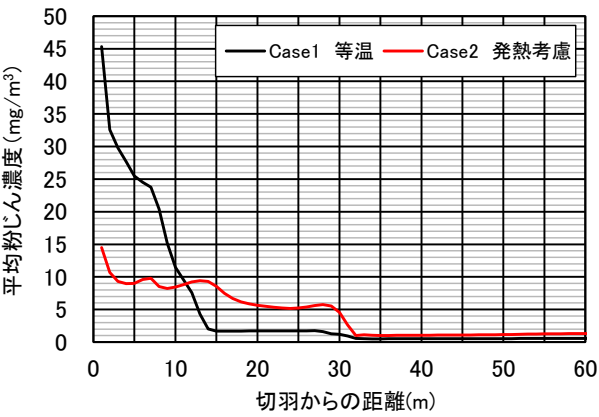


図 4 粉じん濃度分布の比較



(平均粉じん濃度:横断面の高さ 1.5m の平均値)

図 5 切羽からの距離と平均粉じん濃度の関係

表 3 切羽-切羽後方 60m 間の濃度面積比(高さ 1.5m)

計算ケース	面積比及び面積(m ²)*	
	3.0mg/m ³ 以上	1.0mg/m ³ 未満
Case1 等温	0.24 (156m ²)	0.47 (304m ²)
Case2 発熱考慮	0.56 (364m ²)	0.07 (44m ²)

*対象領域:650m²(=横断面方向の幅:13m×縦断面方向の長さ:50m)

表 4 集じん風管吸込口での捕集率

	計算ケース	捕集率(ND)
Case1	等温	0.84
Case2	発熱考慮	0.77

学), Vol.70, No.3 (特集号), I_65-I_74, 2014.
2) 柴田勝実他: トンネル切羽付近の空気質改善を目的とした新換気システムの測定による評価, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学), Vol.71, No.3 (特集号), I_65-I_74, 2015.