

沈埋トンネルにおける排煙時流体解析シミュレーション

運輸省第四港湾建設局 正会員 箕作幸治 樋口 晃
 沿岸開発技術研究センター 正会員 北澤壮介 坂井直人
 株式会社構造技術センター 正会員 河野伸征 城 郁夫

1. はじめに

沈埋トンネル（図-1 参照）の排煙用にジェットファン（以下 JF と称す）を設置する場合、JF を沈埋トンネル部に設置すると沈埋函断面が大きくなって建設コストが高くなる等の問題があることから、陸上トンネル部に JF を設置するのが望ましい。陸上トンネル部が短い場合には JF 設置位置から坑口までの距離が短くなることから、JF 噴流のミキシングや坑口からの縮流等の要因が JF の昇圧力に悪影響を及ぼす可能性がある。

このため、JF 1500 を坑口から 70m の位置に設置し、トンネル内での火災時に送風した場合のトンネル内空気流性状について流体解析シミュレーションによって解析した結果を報告する。

2. 解析概要

解析条件を表-1 に、解析モデルを図-1 に示す。換気にとって最も厳しくなる状態を想定するため、自然風が JF の噴出方向と逆方向に風速 2.5m/s で作用し、また、火災時にトンネル全長にわたって車両が停止しているとした。JF で排煙できる風速は沈埋トンネル部で $v=2\text{m/s}$ 以上とした。境界条件を表-2 に示すが、解析範囲の左右両境界面で空気の流入出をあり、トンネル上方向の大気圏境界面では空気の流入出をなしとした。トンネル内の壁面空気抵抗は壁面摩擦係数を考慮した対数則¹⁾を設定した。

今回対象としたトンネルは、沈埋・陸上トンネル部全体で曲線と勾配を有しているが、予備流体解析シミュレーションにて勾配モデル、直線モデルの比較を行った結果、トンネル内流速等に明確な差がみとめられないことから、ここでは直線モデルを採用した。本解析は、Euler の連続の式、Navier-Stokes の方程式の連立方程式に基づく 3次元有限体積法を用いた非圧縮性流体解析である。

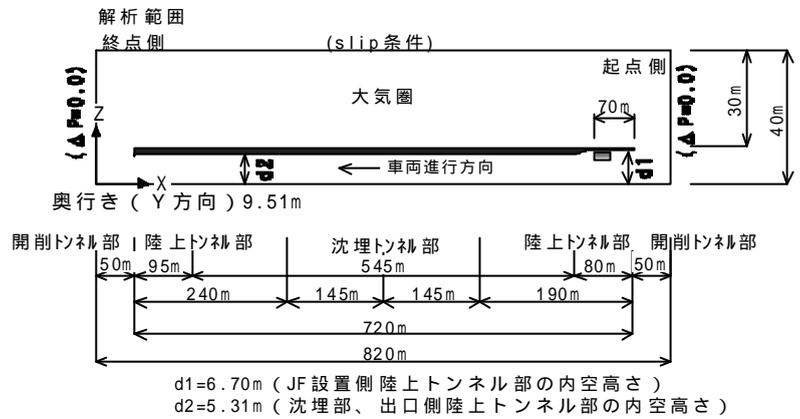


図-1 沈埋トンネルにおける解析モデル

表-1 解析条件

項目	条件	
ジェットファン	仕様	JF1500 × 2台
	噴出風速	30 m/s
	設置位置	起点側坑口から70m
トンネル	高さ	5.31(6.7) m
	幅	9.51 m

表-2 境界条件

境界面設定	境界面	境界条件	内 容	流入出規定
	X=0	圧力条件	境界面内外の相対圧力差 $P=0.0$ (Pa)	境界面に垂直な方向の流体の流入出あり
	X=820	圧力条件	境界面内外の相対圧力差 $P=0.0$ (Pa)	境界面に垂直な方向の流体の流入出あり
	Y=0	壁面条件	管摩擦係数=0.025を考慮した対数則	境界面を通して流体の流入出なし
	Y=9.51	壁面条件	管摩擦係数=0.025を考慮した対数則	境界面を通して流体の流入出なし
	Z=0	壁面条件	管摩擦係数=0.025を考慮した対数則	境界面を通して流体の流入出なし
	Z=40	Slip条件	境界層近傍の摩擦損失はない	境界面を通して流体の流入出なし

キーワード：沈埋トンネル、ジェットファン（JF）昇圧力、流速、流体解析シミュレーション（解析）

連絡先：河野伸征（株）構造技術センター 162-0811 東京都新宿区水道町3-1（水道町ビル）

技術本部 TEL 03-3266-0381

3. 解析結果

JFを車両進行方向に噴出した場合のシミュレーションにより得られた昇圧力と、換気計算式²⁾により得られた必要昇圧力を比較したものを表-3に示す。表中の必要昇圧力は、解析シミュレーションにより得られたトンネル内流速を用いて各抵抗による圧力損失を算出し、合計したものである。前述の前提条件により行ったシミュレーションによる昇圧力と換気計算式による必要昇圧力の差が3%程度であることから、本シミュレーションは妥当であり、結果は信頼できるものと判断できる。

JF噴出方向を車両進行方向、車両進行逆方向とした場合のトンネル延長方向の圧力勾配を図-2に、JFを車両進行逆方向に噴出した場合のトンネル内流速分布を図-3に示す。流速分布において流速がトンネル上方で大きくなるのは、下方に停止車両が存在するためである。解析シミュレーションにより得られた沈埋トンネル部におけるトンネル内断面平均流速とJFの昇圧力を表-4に示す。

4. まとめ

JFを車両進行逆方向に噴出した場合、沈埋トンネル部でのトンネル内平均流速は解析シミュレーションの結果1.97m/sとなり、2m/s程度を確保していることから、坑口までの距離が70mにおいても、今回検討した断面形状においては災害時の排煙は可能であると判断できる。

謝辞：本検討においてご指導、御助言を賜った工学院大学水野明哲教授に多大なる感謝の意を表します。

表-3 解析による昇圧力と換気計算式による必要昇圧力の比較

換気計算による必要昇圧力計算値			必要昇圧力 (Pa)	解析値 昇圧力 (Pa)	解析値/計算値
圧力損失 (Pa)					
通気抵抗	自然風抵抗	車両抵抗			
14.2	14.1	43.6	71.9	74	1.03

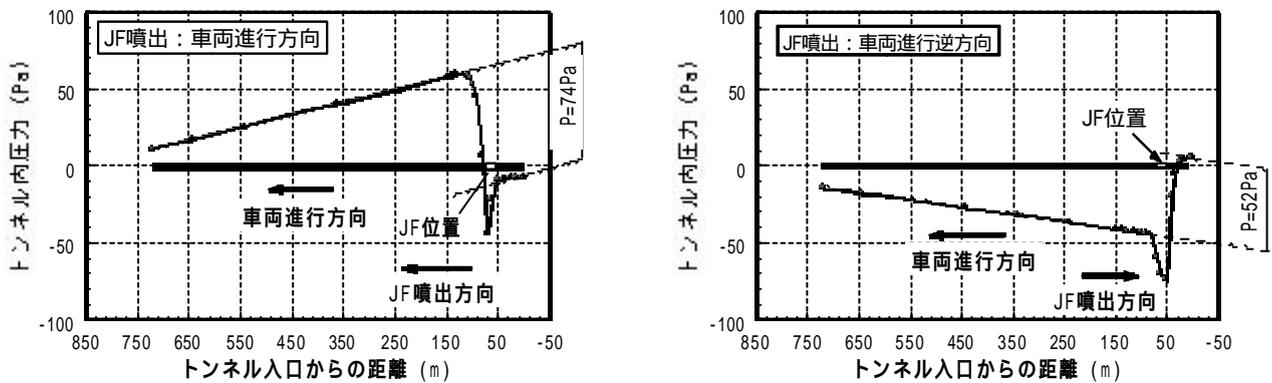


図-2 JFによる昇圧力とトンネル縦断方向圧力分布

表-4 トンネル内平均流速，昇圧力

JF噴出方向	トンネル内平均流速 (m/s)	昇圧力 (Pa)
車両進行方向	2.59	74
車両進行逆方向	1.97	52

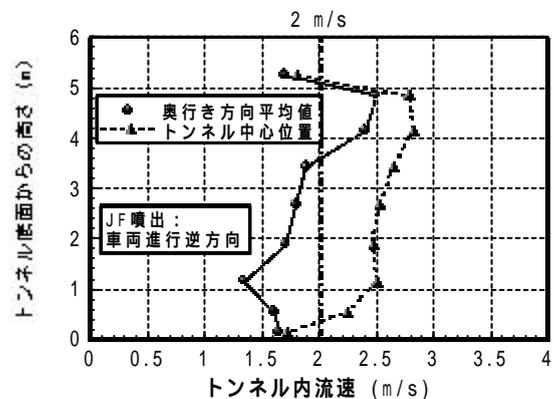


図-3 トンネル内流速分布

参考文献

- 1) 機械工学会：機械工学便覧 A5 編 流体工学、1987
- 2) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、平成6年9月