

道路トンネルのジェットファン換気と効果

東北地方建設局東北技術事務所 斎 恒夫

1. はなはた

道路トンネルの換気の中でジェットファン換気は、ステージ施工の適応性や経済性から注目され施工の实例も多い。従来からこの種の換気は、延長1000M級のトンネルに適用されてきたが、一般国道45号、鳥谷坂トンネル（岩手県釜石市）において1300M級に始めて施工され良好な効果が得られたもので、この効果の分析から今後1500M級の応用も考慮されてよいものとなった。

この報告は本トンネルの施工前と施工後のトンネル環境と論じ問題点などの考察を行ったものである。

2. 鳥谷坂トンネルの概要

このトンネルは昭和45年度換気設備が施工されたものでトンネルと換気設備の概要は次のとおりである。

トンネル

トンネル延長 1350M
 中 間 構 成 対面交通2車線 全長8.6M
 内 空 断 面 46.2M²
 線 空 断 型 直線 片勾配 1%
 設 計 速 度 50KM/H
 トンネル照明 基本平均照度 10 lx
 ナトリウム灯

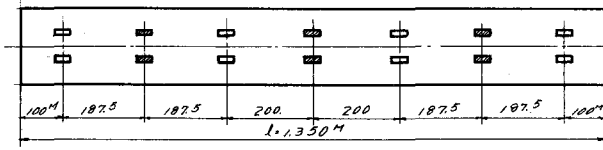
換気設備

換気方式 ジェットファン縦流式
 ファン台数 全機計画 14台
 至 630mmφ 2.9KW 2900RPM
 約 9M³/sec 噴流速度 30%/sec
 風 量
 制御方式 VI計による自動制御
 CO計

なおトンネル平面とファン配列図は次図のとおりである。

Fig1

ファン配列図



又例

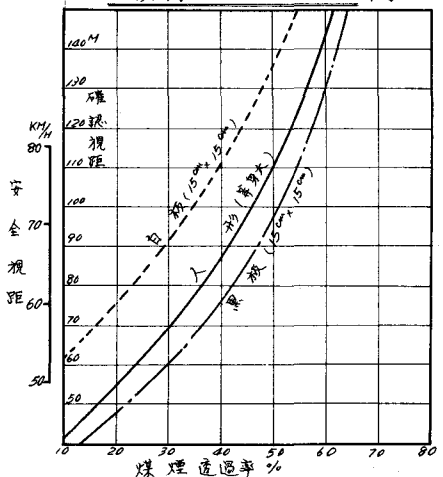
- 第1次設置ファン 8台
- 将来増設ファン 6台

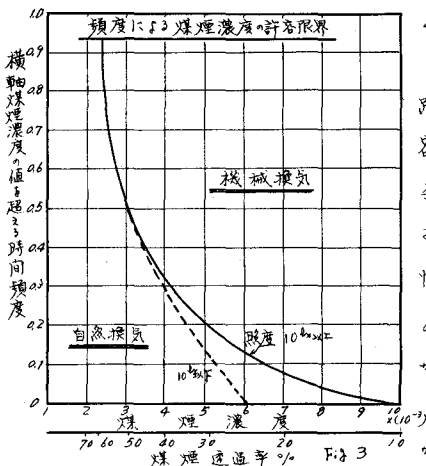
3. 事前調査による換気レベルの決定

施工に当りトンネル独自の環境を調査し、その特性に合った設備設計の考慮がなされたもので、煤煙、一酸化炭素、交通量、煤煙中の視距、走行車両の動態などが、調査され、換気レベルの決定を行った。

換気レベル決定の要因となる坑内安全視距（煤煙中の物の見え方）、走行速度、路面照度とその均斉度などの各々の相関を、路肩部に等身大の人影を置いて実測により、右図のように、座標プロットして決定したものである。

換気レベル設定図 Fig2





4. 換気開始時の推定について

換気開始は原則として設計速度における煤煙中の視距が道路構造令の安全視距をおかさないことであり、有害ガスの許容濃度は公衆衛生上による許容限度内とされる。しかし、この条件内でのみ考へた場合、走行車両運転の快適性は全く無視されてしまう。視距と快適性とを二面的要求の妥協案、経済性などを、一定濃度の現出頻度から追及調査したものが左図である。つまり安全視距をおかす煤煙濃度の必要頻度を0.5とし、かつ快適性の限界頻度を煤煙透過率50%時で0.5と妥協案としており、この数値は、ある程度モニター等によつて、たしかめられるものである。

5. 効果と考察

5-1. 換気风量

施工後、夜間通行止む坑口より20M先に13個のピラミッド風速計を備えて風速測定を行ったもので、理論値と比較したものである。

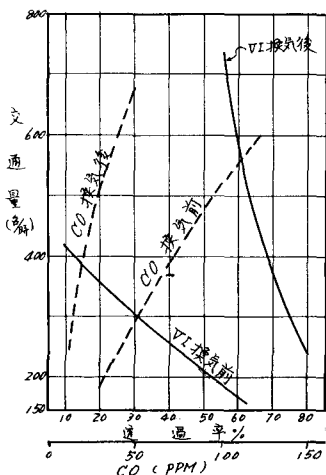
ファン台数	計算値	実測値	実測平均値	備考
8 (台)	3.43 (M/sec)	3.9 ~ 2.6 (M/sec)	3.1 (M/sec)	送風 0.4 M/sec
6	2.99	3.4 ~ 2.4	2.6	" 0.1
4	2.44	2.3 ~ 1.4	1.8	" 0.1
2	1.75	1.2 ~ 0.95	1.1	" 0.1

この結果によればファン間隔が400M附近までは、計算値と実測はよく一致をみることも出来たが、間隔が多くなるとつれて差が大きくなっている傾向にある。この結果によつて、制御面での数値修正に留意する必要があることが判明したものである。

5-2. 換気効果

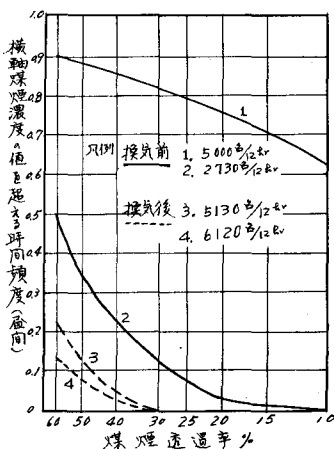
換気前後の (Fig 4)

VI CO濃度の時間平均推移



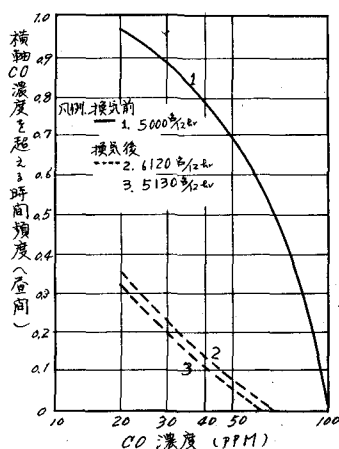
換気前後の (Fig 5)

煤煙一定濃度の現出頻度



換気前後の (Fig 6)

CO一定濃度の現出頻度



換気効果を判定する場合、定性的な判定と定量的判定とに類別されるが、この中で定性的な判定評価は快適性、視界不良など多分に主観的な要素の積重ね判定によるものが多く、統計的にも取扱いにくい。このため定量的な見方、つまり煤煙濃度やCOガス濃度の換気前後のパターン、ある事象の頻度確率などの見方で判定をおこなったものである。これらの比較は、図4-6に示すものである。この図のように前後と比較してみると一定事象の現れる頻度は極端に少なくなっており、前出図3のサービス水準的快適性についても充分であり視距もおおしていい。これにより効果は十分に発揮されていると判断されたものである。

5-3. 制御方式について

本トンネルの場合、換気は次の2方式で自動運転されている。

(A) 各時間帯の交通量に対応したプログラムによる自動運転。

(B) 煙霧速通率計による5分積分値での自動制御と一酸化炭素濃度計による運動運転。

これらは、いずれも風向は季節風の予想によるプログラム組入れとしている。実際に運転制御を観察すると、各々長短がある。

プログラムの運転の場合、プログラムにより予めセットする方式のため交通量の予想とのズレにより不具合が生ずることが効率悪く、かつ電力量も多い。ただしトンネル内に常時酸流が発生しており、少々逆風時でも換気効果はよく、排気が一定量づつ排出されるため煙霧やガスの塊が出来ず、よく換気されている印象を受け坑外環境の悪化もあり感じられない利点もある。

(B)の方式による自動制御の場合、煙霧や一酸化炭素の滞留割合によつて自動起動、ノッチ変更がなされるため、ファンは効率よく運転出来、電力量はプログラム方式と比較して30%程少ない。ただし、この方式の場合はある程度トンネル内濃度が高くなつて始めて起動されるために、高濃度ガスが一気に坑外に排出されるので一時的にかなり高濃度塊が坑口附近に集中し、かつ坑外環境の悪化がみられるようである。

5-4. 換気騒音

本トンネルにおいて観測された換気時の騒音は次表のとおりである。

A特性による

測定位置	ファン運転台数	交通有(50%レンジ)	交通有(95%レンジ)	交通なし(平均)	摘 要
坑口より 25M	8 (台)	72 (ホーン)	80 (ホーン)	68 (ホーン)	ファン風向反対側値
	0	72	80	-	“
坑口より 85M	8	67	80	64	“
	0	64	80	-	“

これらの結果をみると昼間時は交通騒音が大きくファン騒音は問題はないが、夜間においては、かなりの高音が発生していることに注目の必要がある。

5-5. 風向の制御方式

5-3でも述べたとおり制御は、いずれも順風方向に合わせなければ、ファン風力と自然風が均合った状態となり運転を止めない限り、かえつて煙霧は滞留する。今まで観察された経験から風向制御解決のための次の三つの方式の試案を提起するものである。

A) ワイ計又はCO計による両坑口濃度差による自然風向判定。

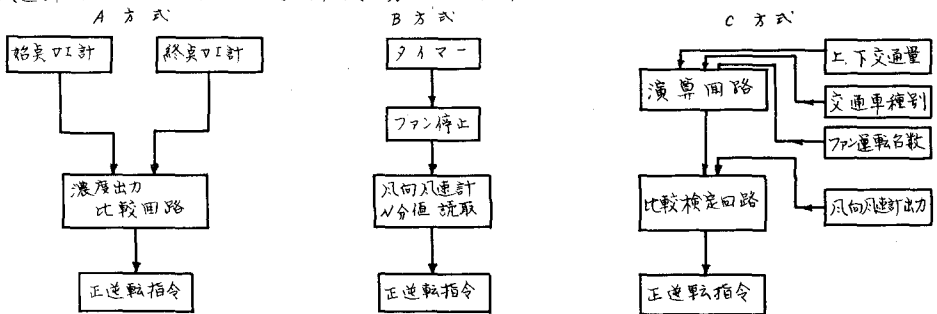
煙霧は風下側で殆ど例外なく高濃度となることを利用したもので、機器の濃度差を検出して方向と判定する。

B) 風向計を利用した方式

交通量の比較的少ないある定時を選んで一定時間ファンを停止し風向風速計の或る一定時分の平均値によつて自然風の方角判定をする。

C) 単能式電子計算機による演算方式

ある定時の交通量、種別、ファン運転台数と自動的にデータ入力し、理論演算して現状の風向風速計出力と比較検査の上で自然風の方角と判定する。



A)の方式についてはファン風力と自然風が均合うまで運転しない欠点があり、効率的に多少問題もある。B)は最も技術的、経済的に容易であるが、交通量多く、重要度の高いトンネルはファン停止による混雑を考慮する必要がある。C)は完全である反面、投資額の大きなことに難点がある。なお、B)方式で湯谷坂トンネルは設備の改造を計画している。

6. 考 察

今回の一連の調査によつて、この換気方式が優れていることを実証した反面、劣性も又、ものがせぬ。

- 換気騒音について、この種ファンは夜間における環境や地形によつては、限界のあることを示しており、防音施設と共に低音域ファンを開発する必要がある。
- 坑口環境の汚染が問題であり、制御が一方に限定される場合があり得る。この場合の制約は、この種換気にとつて致命的であり、エマトラツフ等の改良研究による排気の上昇拡散や大気汚染対策が急務である。
- 長大トンネルに、この種換気と計画する場合、縦流による坑口附近の濃度上昇が、け人著である。このため可能交通量による坑口濃度を充分検討する必要がある。
- 換気開始条件の明確化と共に換気レベルの快適性の追及とサービス水準、経済性の妥協点を研究の必要がある。

E) 防災上、とくに火災時における制御方式と、避難誘導方式の検討を急ぐ必要がある。

以上の考察によるとおり、とくに経済効果のある反面、短所や問題点も山積している。今後の研究にまつことが多く、これら問題点の追及解決に当りたい考へてある。