

自然風・交通換気力を考慮したトンネル換気制御方式の効果の検証

(独)土木研究所 正会員 ○石村 利明、森本 智、角湯 克典
(株)創発システム研究所 三谷 敦史

1. はじめに

道路トンネルの換気設備の運用は、時々刻々と変化する自然風や交通換気力とは関係なく、所要のトンネル内環境が最小限確保されるように一定パターンに従った制御をしている場合が多い。このため、換気設備の運用に自然風や交通換気力を考慮した制御を行えば換気設備のランニングコストを大幅に削減できる可能性が高い。本報告は、より一層の経済的な換気設備の運用を行うために、時々刻々と変化する自然風と交通換気力を考慮した制御方法を提案するとともに、供用中トンネルでの実証試験の結果を報告するものである。

2. 自然風・交通換気力を考慮した換気制御方法

筆者らはこれまでの研究において、トンネル内の自然風は両坑口の大気圧差で、交通換気力は交通量等により把握・予測可能であることを示した¹⁾²⁾。提案する新たな換気制御方式の概念を図-1に示す。制御は、時々刻々と変化する外乱(自然風、交通流)をトンネル両坑口の大気圧、交通量等の検出器により継続的に計測し、自然風・交通流(交通換気力)を把握するとともに、フィードフォワード量(基本換気量)とトンネル内風速およびVI(煤煙透過率)、CO(一酸化炭素)の制御目標値との偏差に対するFB(フィードバック)補正機能等によりトンネル内の環境を確保するための換気機(ジェットファン(JF))操作量を算定するものである。

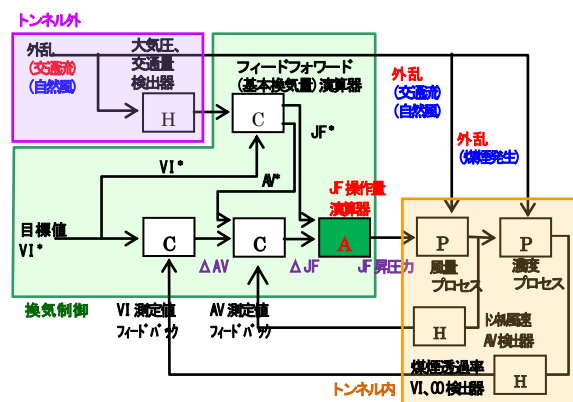


図-1 自然風・交通換気力を考慮した換気制御方式の概念

表-1 実証試験トンネルの概要

トンネル名	延長(m)	断面積(m ²)	交通形態	平面曲率R(m)	縦断勾配(最大)(%)	両坑口の標高差(m)	坑口方位
Aトンネル	約1500	62.3	対面	4000	-1.0	3.4	東西

表-2 換気施設および制御方式

換気方式	JF台数	換気制御方式	トンネル内の計測器	概略交通量(台/日)
縦流JF	高風速型5台 φ1250mm	VI値に基づくフィードバック	VI計2台(両坑口) CO計1台(片坑口)	約23,000

3. 実証試験による制御方式の効果等の検証

3.1 実証試験の概要

前述した新たな換気制御方式について、その効果を検証するため表-1に示す延長約1500mの対面通行で供用中のAトンネルにおいて実証試験を行った。換気施設および制御方式を表-2に示す。

実証試験は、図-2に示すように供用トンネルのFB制御のために坑口付近に設置してある

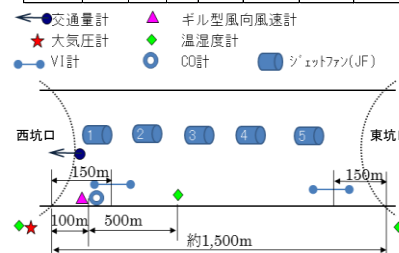


図-2 実証試験トンネルと調査項目

VI計(測定区間長100m)とCO計に追加して、両坑口付近の坑外に大気圧計、トンネル内に風向風速計・温湿度計、西側坑口に交通量計を設置し、各計測データを収集して図-1に示す新換気制御の考えに基づきJF操作量の演算を行い、その指示に従ったJF運転を実施することにより行った。また、実証実験では、平日の概ね1日を検証時間として表-3に示すように既設FB制御との比較を行った。各制御時における交通量は約23,000台/日でほぼ同様な交通条件であった。

また、実証実験では、平日の概ね1日を検証時間として表-3に示すように既設FB制御との比較を行った。各制御時における交通量は約23,000台/日でほぼ同様な交通条件であった。

3.2 実証試験結果

図-3にVI値・CO値・JF運転実績を示す。本トンネルでは昼間の交通量が多く、実証試験中において一部昼間の時間帯で東坑口方向の車両によりトンネル内で交通渋滞が発生した。図中にはトンネル内のほぼ全線にわたり交通渋滞が発生した時間帯(ピンク網掛け部)、夜間の交通量が少なく交通渋滞が発生していない時間帯(グレー網掛け部)を示した。図よりVI値は、両制御ともにトンネル内での交通渋滞等によって一時的に低下する時間帯が発生し

表-3 換気制御方式の比較

換気制御	既設FB制御(フィードバック)	新換気制御
制御の基本的考え方	両坑口のVI値を基に、VI値が低い方向へJFを運転する。	両坑口間の大気圧差・交通量をもとにトンネル内の自然風、交通換気力を推定し、JF運転を行う。
制御ピッチ	10分間隔で制御	10分間隔で制御
具体的な手法	91%超: JF2台停止 90%超: JF1台停止 80%未満: JF1台追加運転 70%未満: JF2台追加運転	91%超: JF2台停止 90%超: JF1台停止 80%未満: JF1台追加運転 70%未満: JF2台追加運転

キーワード 道路トンネル、換気制御、自然風、交通換気力、実態調査

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 TEL 029-879-6791

たが設計濃度40%を下回ることにはなかった。既設FB制御では概ね6時～20時まではJF5台での連続運転に対して、新換気制御では短い周期でJF運転台数が変化することでVI目標値が確保されている。CO濃度は新換気制御で一時的に悪化した場合に5～15ppmを示したが設計濃度100ppmに対して小さい値であった。

図-4にトンネル内の風向風速を示す。図には両坑口の大気圧差、交通量等、JF昇圧力から算定した自然風、交通換気風、JF換気風も示す。本トンネルでは西坑口の1箇所のみで交通量を計測したためトンネル内のみの交通渋滞に対して交通換気力を十分な精度で把握できず、実測と計算の風速が合致していない時間帯があった。そこで、交通状態が明らかな時間帯(網掛け部)でトンネル内の風速の実測と計算を比較する。トンネル全線で交通渋滞が発生した時間帯での風速の実測と計算は比較的良好に整合していることが分かる。また、交通渋滞が発生していない夜間の時間帯も風速の実測と計算は比較的良好に整合している。次に、トンネル内の風速(実測)に影響を与える各成分(交通換気風等)の方向・大きさを比較する。本実証試験中においては交通換気風とJF換気風が大きく、トンネル内風速には自然風よりも交通換気風とJF換気風が大きく影響を与えていたと考えられる。渋滞時(ピンク網掛け部)の時間帯の交通換気風とJF換気風の方向は、既設FB制御では逆方向に、新換気制御は同方向であり、新換気制御の機能が現れている。

図-5に両制御の各VI値の累計時間割合を示す。これより、既設FB制御は東坑口側のVI値が低下する時間帯が多いが、新換気制御は両坑口ともに同程度の時間割合である。図-6にJF台数毎の運転時間を示す。これより、JF5台運転は既設FB制御で約800分、新換気制御で約400分であり、新換気制御のJF運転実績は既設FB制御に比較して全体的に少なくなり、JFの稼働実績から算出した使用電力量の試算では、新換気制御が既設FB制御に比較して約8割であり、2割程度の電力量の縮減となった。

4. まとめ

一時的な交通渋滞の発生により交通換気力が十分な精度で把握できなかった時間帯があったが既設FB制御と比較してトンネル内環境の顕著な悪化はなく、2割程度の電力量の縮減したことを考えると新換気制御の機能の有効性とその効果が検証できたと判断できる。今後は、交通渋滞の発生等にも対応できる交通量データの把握方法の検討、トンネル内の風向転換のタイミング等の調整等を行うことで、さらに効率的な換気方式を提案していきたい。

【参考文献】

- 1) 石村利明、森本智、角湯克典：トンネル内の自然風の把握および予測に関する検討、第64回土木学会年次学術講演会概要集、2009年9月
- 2) 森本智、石村利明、角湯克典：道路トンネル内の自然風および交通換気力の予測に関する研究、土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集、第16巻、pp33-pp36、2011年1月

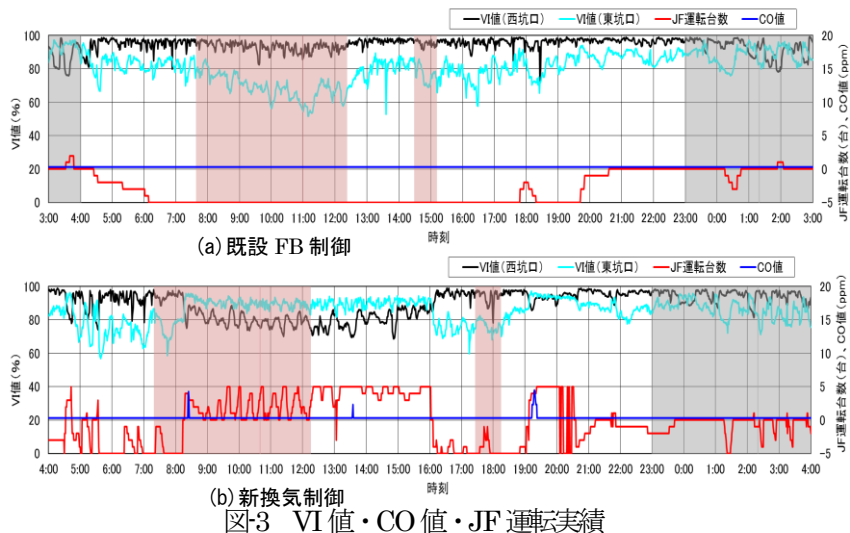


図-3 VI値・CO値・JF運転実績

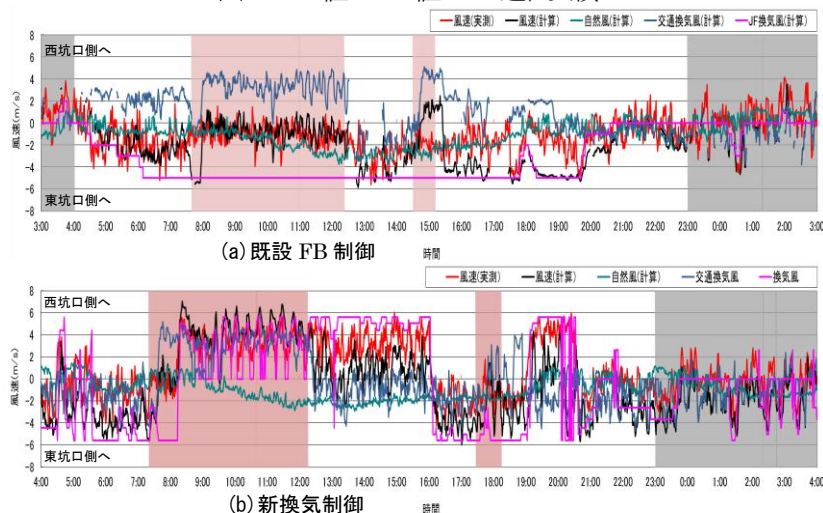


図-4 トンネル内の風向風速

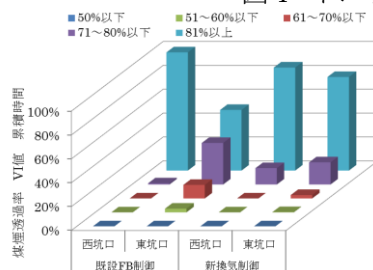


図-5 各VI値の累積時間

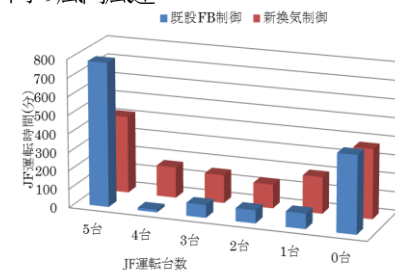


図-6 JF台数毎の運転時間