

自然風・交通条件を活用した道路トンネルの新換気制御技術



独立行政法人 土木研究所つくば中央研究所



(株)創発システム研究所

本技術の適用

・道路トンネルの換気設備制御
【換気設備のある供用中のトンネル・新設トンネル】

技術紹介 — 目次 —

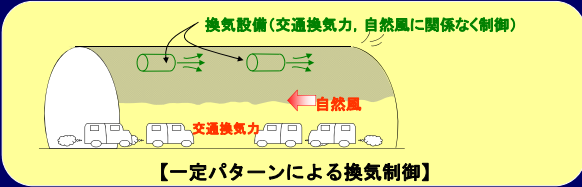
1. 道路トンネルの換気設計 概要・課題
2. トンネル内の自然風の把握
3. 交通換気力の把握
4. 新換気制御方式の概要
5. 実証試験
6. 換気シミュレータによる効果の検討
7. 本技術の適用にあたって

●道路トンネルの換気施設設計

▶トンネル延長、交通量、換気対象物質の自動車排出ガス量等の諸条件に加えて、自動車の走行による交通換気力と自然風を考慮した設計が行われている。

●供用後の換気設備の運用の現状

▶時々刻々と変化する交通換気力や自然風とは関係なく、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。



●道路トンネルの換気設備制御の課題

- ▶ランニングコストが高い
- ▶トンネル内環境が一時的に悪化する場合がある



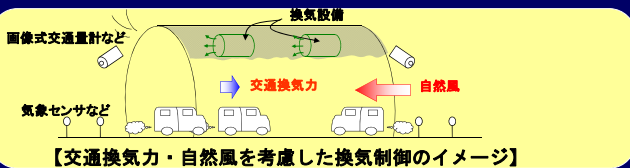
▶換気設備の運用に交通換気力と自然風を考慮した制御を行えば換気設備のランニングコストを大幅に削減できる可能性が高い。

●交通換気力と自然風を活用した換気制御

- ▶時々刻々と変化する交通換気力、自然風の把握
- ▶換気制御方法の検討

検討内容

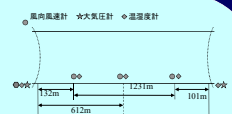
- ・実態調査による交通換気力・自然風の把握
- ・効果的な換気制御方式の検討
- ・現地試験等による効果の検証
- ・換気シミュレーションによる効果の検討



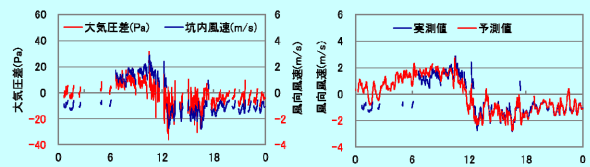
●トンネル内の自然風の把握

調査トンネル【未供用トンネル】

トンネル名	延長 (m)	断面積 (m ²)	交通形態	平均車速 (km/h)	風解力配 (換気) (%)	両坑口の標高差 (m)	坑口方位
Aトンネル	1463	65.9	-	800	-3.0	43.0	南北
Bトンネル	1402	65.6	-	1200	0.4	-5.6	南北
Cトンネル	2472	64.4	-	1100	-0.8	14.9	南北



調査の概要【Aトンネル】



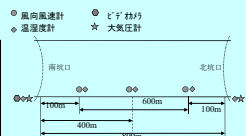
精度の高い両坑口間の大気圧差を把握することで、大気圧差とトンネル内風速とが連動している(B・Cトンネルも同様)。

→ 両坑口間の大気圧差からトンネル内の自然風が把握可能

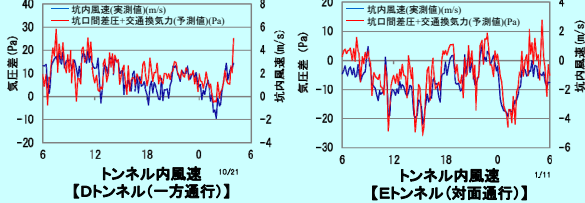
● 交通換気力の把握

調査トンネル【供用トンネル】

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
Dトンネル	800	64.1	一方	650	1.0	4.2	東西
Eトンネル	1288	73.4	両面	1500	2.5	31.1	南北



調査の概要【Dトンネル】

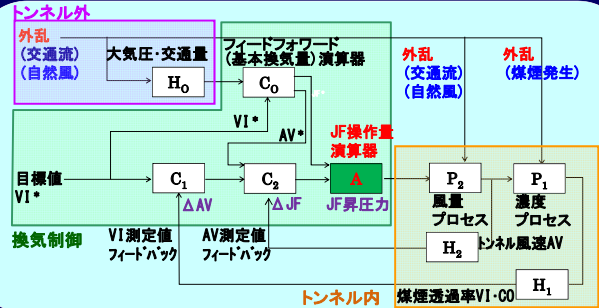


①両坑口間の大気圧差、②走行車両の台数・速度をもとに算出した交通換気力を考慮した気圧差（予測値）とトンネル内風速とが連動している。
 → 両坑口の大気圧差・交通換気力を把握することでトンネル内風速が把握可能

● 新換気制御方式の概要

【換気制御の基本的な考え方】

- ①交通流・自然風を基に、目標VI値（煤煙透過率）に対する基本換気量の演算
- ②VI値フィードバックによる風速修正演算
- ③トンネル内風速フィードバックによる換気量修正演算
- ④必要換気風量に対する適切な換気機操作量の算定



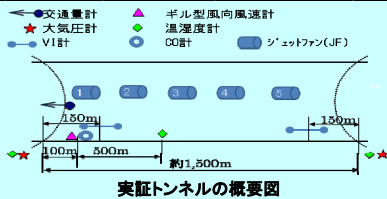
● 実証試験

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
Fトンネル	約1500	62.3	対面	4000	-1.0	3.4	東西

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



● 実証試験

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。
具体的な手法	制御ピッチ 上限VI値 下限VI値	10分間隔で制御 91%超：JF2台停止 90%超：JF1台停止 80%未滿：JF1台追加運転 70%未滿：JF2台追加運転
VI値：煤煙透過率		

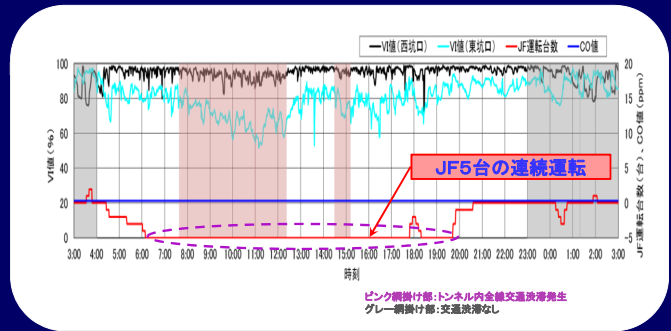
● 実証試験状況



● 実証試験状況

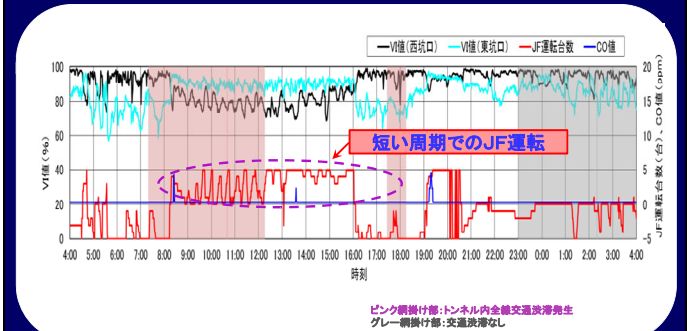


● 実証試験(既設FB制御)
VI値・CO値・JF運転実績結果



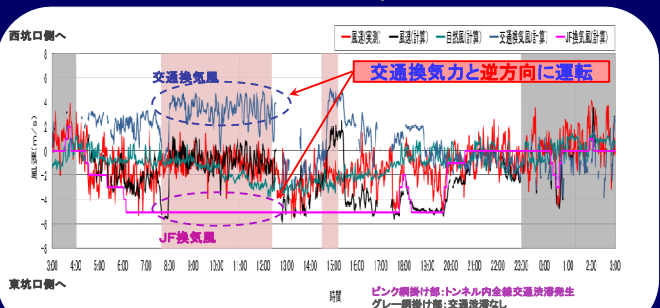
- 設計濃度(VI値40%以上、CO100ppm以下)を確保
- 既設FB制御はJF5台の連続運転の時間帯が多い

● 実証試験(新換気制御)
VI値・CO値・JF運転実績結果



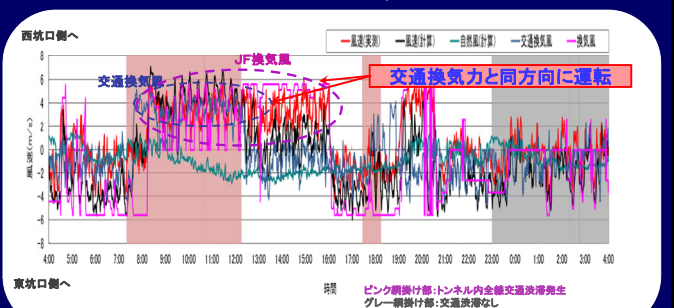
- 設計濃度(VI値40%以上、CO100ppm以下)を確保
- 新換気制御は短い周期でのJF運転

● 実証試験(既設FB制御)
トンネル内の風向・風速結果



- 既設FB制御では、交通換気力と逆方向にJF運転を実施
- 実証試験中は、交通換気力・JF換気風がトンネル内風速に大きく影響

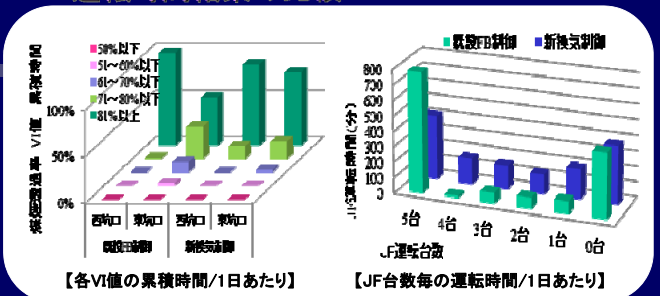
● 実証試験(新換気制御)
トンネル内の風向・風速結果



- 新換気制御では、交通換気力と同方向にJF運転を実施

新換気制御の機能を発揮

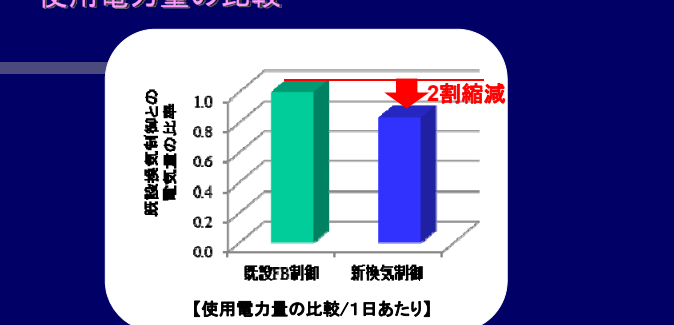
● 実証試験
JF運転時間結果の比較



- 既設FB制御：東坑口側のVI値が低下する時間帯が多い
- 新換気制御：両坑口ともに同程度の時間割合
- 新換気制御でのJF5台による運転時間は既設FB制御に比較して全体的に少ない

新換気制御の機能を発揮

● 実証試験
使用電力量の比較



- 新換気制御の電力量は既設FB制御に比較して約2割少ない

新換気制御の効果を発揮

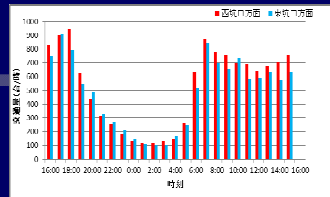
●換気シミュレータによる効果の検討

【トンネル】

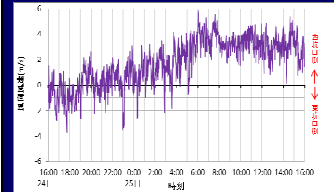
交通渋滞が発生していないデータを用いて、換気シミュレータによる効果の検証

【換気シミュレータの概要】

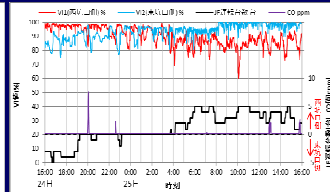
項目	概要
風速モデル	一次元非圧縮モデル
汚染濃度モデル	一次元移流拡散方程式
交通モデル	ミクロ交通モデル



【交通量】



【トンネル内風速】



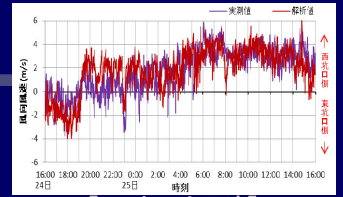
【VI, CO, JF運転台数】

●換気シミュレータによる効果の検討

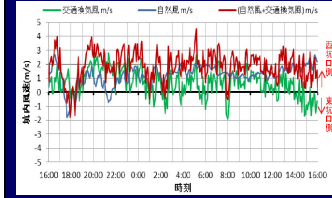
【実測値と解析値との比較】

トンネル内風速は、実測値と解析値で概ね良く一致している。

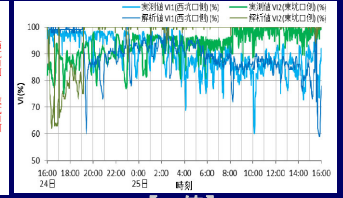
VI値は、解析では一時的なVI値の低下までは再現できていないが、概ね良い傾向を示している。



【トンネル内風速】



【風速成分(解析値)】



【VI値】

●換気シミュレータによる効果の検討

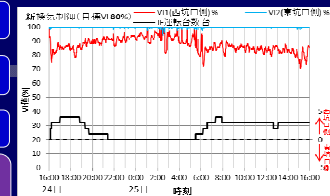
【効果の検証】

新換気制御は、自然風、交通換気力を常に把握しながら制御が可能

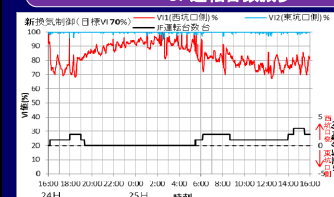
トンネル内の所要の環境の確保 (VI値が低下する状況が減少)

現在の目標VI値を低下することが可能
現行目標VI値80% → 70% → 60%

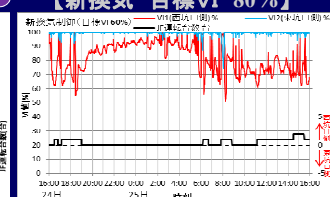
【解析結果】目標VI値の低下により、
→ 平均的なVI値が低下
→ JF運転台数減少



【新換気 目標VI 80%】



【新換気 目標VI 70%】



【新換気 目標VI 60%】

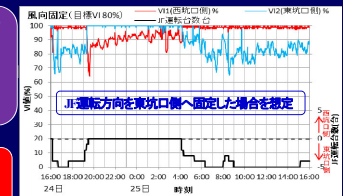
●換気シミュレータによる効果の検討

【効果の検証】

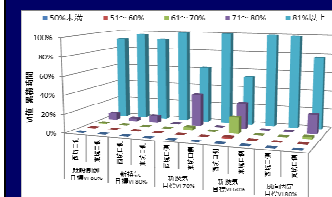
既設制御VI80%との比較(JF運転時間)

新換気制御 目標VI値80% → 84%
70% → 39%
60% → 18%
既設制御 風向固定 → 130%

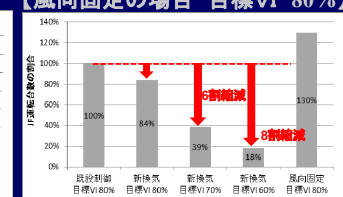
新換気制御の適用により使用電力量の大幅な縮減が見込める。



【風向固定の場合 目標VI 80%】



【VI値 累積時間】



【JF運転時間の割合】

●本技術の適用にあたって

【自然風・交通条件を活用した道路トンネルの新換気制御技術】

【本システムの導入方法】

- 計測機器の整備
- 換気制御プログラムの整備

(1) 計測機器の整備

- VI計(煤煙透過率計): 2台(トンネル内の両坑口付近に設置)
- トンネル内風向風速計: 最低1台
- 交通量計: 最低1台(大型車・小型車の別、走行速度の検出が可能なもの)
- 大気圧計: 2台(両坑口付近)

(2) 換気制御プログラムの整備

- ソフト的な改良: 換気制御ソフトウェアがプラグイン方式の場合に適用可能
 - 換気制御ソフトの交換とデータインターフェースソフトの作成
 - 既設メーカーのインターフェースソフトの改造
- 換気制御装置の交換: 換気制御装置の交換が可能な場合に適用可能
 - 換気制御装置(PLC又は産業用パソコン)の交換
 - データインターフェースソフトの作成
- 換気制御盤の入れ替え: ①②の以外の場合に適用

●本技術の適用にあたって

【自然風・交通条件を活用した道路トンネルの新換気制御技術】

連絡先

独立行政法人 土木研究所
つくば中央研究所 道路技術研究グループ トンネルチーム
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6
TEL:(029)879-6791 Fax:(029)879-6796

株式会社 創発システム研究所
〒650-0047 神戸市中央区港島南5-5-2
神戸国際ビジネスセンター(KIBC) 612号室
TEL:(078)304-5002 Fax:(078)304-5003