

VI-68

トンネル掘削における換気制御システム

清水建設（株）：正会員 ○深井 日出男、同 千葉 隆、畠山 好郎、須賀川 勝
正会員 篠内 隆

1. はじめに

近年、地下工事の大深度化、大断面積化、長大化、複雑化に伴い施工の自動化、重機の大規模化等による生産性の向上、省力化、施工精度の向上のための新技術が開発されている。しかしながら、トンネルに代表される山岳トンネルでは発破やコンクリート吹き付けが日常的に行われ粉塵やCOなどの有害ガスが発生するだけでなく、ずり搬出用ダンプや掘削用重機などの内燃機関からのNOx発生により坑内環境が悪化する。さらに、坑内の高温、高湿や視界の低下などといった悪作業環境が発生する場合も見受けられる。これに対して筆者らはファジー理論を用いた工事用換気システムを開発し、山梨県の朝日トンネル、和歌山県の鳥松山トンネルに導入し坑内環境の改善を図ってきた。このシステムは、トンネル切羽部に設置した粉塵計、CO計、温湿度計からの計測値をもとに、コントラファンの最適換気風量をファジー理論を用いて制御を行い所定の効果が得られたので昨年度の年次学術講演会で報告を行った。

今回、筆者らは前記のファジー換気システムに発破による振動を検出する振動センサーに基づく緊急換気制御機能を付加した新しいシステムを開発し実際のトンネル現場において、その効果を確認したので報告する。

2. システムの概要

システムは写真-1に示すように、トンネル内の切羽から約70～100m程度後方に設置される後方台車上に設置された風量調整可能な写真左側の送気用換気ファンおよび写真右側の排気用換気ファン、トンネル内の環境情報を検出する各種環境情報センサー、発破による振動を検出する振動センサー、前記検出された環境情報に基づくファジー制御部と前記振動センサーに基づく緊急制御部を含む制御装置、制御装置と一体化された写真右下に見られる換気制御盤内の換気ファン制御装置から構成されている。



写真-1 システム概要

換気制御フローは図-1に示すように、常時振動センサーから検出信号を読み込んで検出信号が基準値以上か否かを判定し、基準値以上でない通常の場合はファジー制御モードとなり、発破が行われた結果基準値以上になった場合は緊急制御モードで制御が行われる。今回、緊急制御モードを付加したのは、従来のファジー制御は一般的な作業に対しては極めて有効であることが確認されていた。しかしながら、

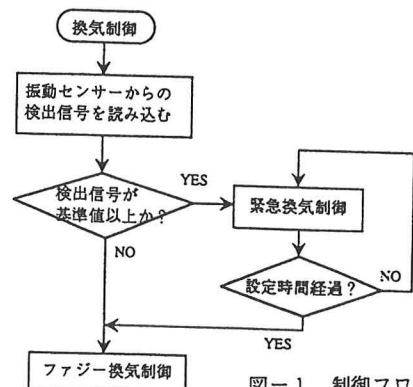


図-1 制御フロー

発破時には切羽から有害物質のセンサーまでの到達時間が約3～5分程度かかっており、更に、ファジー演算による換気風量の設定が最大値に到達するまでに約10分程度を要していた。これに対して発破時には、あらかじめ大量の粉塵やCOといった有害物質が発生することが分かっているため振動センサーを用いて発破を検知し瞬時に換気風量を最大値に設定することが有効と思われたからである。

ファジー制御モードと緊急制御モードの詳細は図-2に示すように以下の様な制御が行われる。

1) ファジー制御モードは粉塵量、CO濃度といった有害物質、温度、湿度といった快適性要因の4つの計測項目を各センサーにより検出しファジー制御部におけるファジー化部、ファジー推論部、非ファジー化部においてファジー演算が行われ風量設定部で風量の増減が設定され、その信号が換気用ファンに出力される。

2) 緊急制御モードは振動センサーにより緊急換気制御部に入力され振動基準決定部および発破検出部で発破が行われたか否かが検出されて発破が行われた場合には、タイマー設定部で緊急換気時間の設定が行われ風量設定部で風量の増減が設定され、その信号が換気用ファンに出力される。なお、発破による振動は振源距離、爆薬量、爆薬の種類、岩質、岩質振動の伝搬経路および受振点の状況や発破の実施技術などに大きく影響されるため、発破実施時の振動の実測によって振動基準値決定部において発破による振動の基準値を決定する。

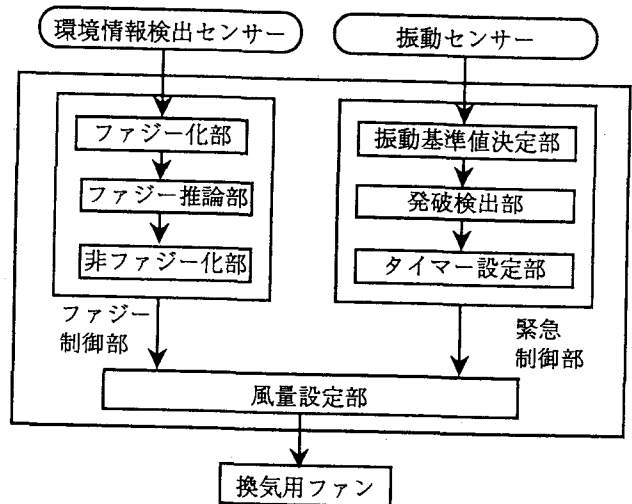


図-2 制御詳細構成図

3. システムの効果

本システムを青森県の東北新幹線三戸トンネル（北）工事に適用し、その効果の実証を行った。本システムはファジー換気制御機能と緊急換気制御機能を組み合わせることにより、現場の作業状況に合致した換気制御が可能となり、以下の効果が確認された。

- 1) 作業環境悪化時において粉塵目標環境の収斂時間が従来システムに較べて約40%短縮できた。
- 2) 粉塵濃度、CO濃度の目標管理値を上回る時間の総作業時間に対する割合が従来システムに較べて粉塵濃度では約10%、CO濃度では約50%削減できた。
- 3) 従来システムでは、発破直後に悪環境下の坑内入り緊急換気用の押しボタン操作を作業員が実施していた。しかしながら、本システムでは本操作が不要になり、安全性が向上した。

4) おわりに

本論文において、筆者らが新たに開発したトンネル掘削による換気制御システムの概要および実証を等ししてその効果について述べた。筆者らは、約半年間現場作業の進捗に合わせて現地でファジー制御機能のメンバーシップ値や緊急換気制御機能の振動基準値の調整を実施し、各種のデータ収集を行ってきた。今後は、これらの実績に基づき各種目標値の登録機能の改善を含めた調整作業の標準化をおこない多くの現場に導入していく予定である。