

大規模地下空洞及び複雑な管路網を持つ地下構造物における換気システムの検討

ハザマ

三井鉱山エンジニアリング(株)

○正会員 河邊 信之 正会員 小林 康夫

坂井 哲郎

柿田 毅

1. はじめに

一般に、大気との開放口が限られた山岳トンネル等の地下構造物では、建設工事段階において重機排気ガスの排出、吹付けコンクリートの粉じん等の除去・希釈、適正温・湿度等の作業環境の維持、および発破作業を用いる場合の後ガスの排出等、良好な作業環境を確保するために作業中の換気が不可欠である。特に、地下発電所、石油備蓄基地など大規模地下空洞およびこれを取り巻く複雑な管路網を併せ持つ地下構造物においては、空気の流動に伴う圧力損失も大きく、必要風量も大きい。

これに対して従来の山岳トンネルにおける換気計画では各切羽での必要風量を算定し、これを供給するための換気設備の能力算定が主体で、例えば大規模地下空間における空気の挙動、複雑な管路網における空気の流れ、すなわち、地下構造物全体を空気の流動回路としてとらえた総合的かつ動的な換気設計がなされていなかった。したがって、今回、大規模地下空洞および複雑な管路網を持つ地下構造物建設工事に、鉱山等で普遍的に用いられている通気網総合解析の手法を用い、工事進捗段階毎に適正換気システムを検討した。

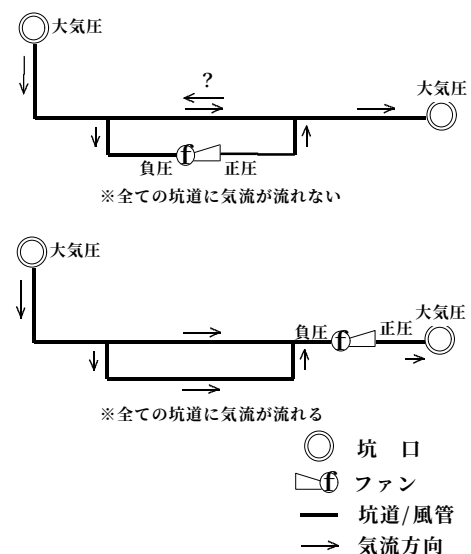
2. 対象とした地下構造物の概要

今回、検討対象とした地下構造物は、地下空洞幅約 24 m、高さ約 48 mの大規模地下空洞とこれを取り巻く周辺トンネル群に分けられる。

一般に道路、鉄道トンネル等においては坑外より風管による切羽への入気および排気により工事中の換気を行うのが一般的であるが、今回対象とした大規模地下空洞を含む地下構造物では、前述したように必要風量も大きくなることから、風管換気の手法では必要換気量を満足しない。したがって、大規模地下空洞掘削時には坑外よりアクセスしたトンネルによる坑道換気排気方式による換気を行うこととし、坑道換気に用いる換気設備も $5,000 \sim 7,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度の大容量コントラファンを計画している。

3. 鉱山で用いられている換気技術

一般に鉱山で取り扱われている換気設計においては、坑道や風管等の換気回路の空気の挙動を圧力差の概念でとらえ、また温度差と落差により生ずる自然通気圧を考慮し、それぞれの坑道を流れる空気の圧力損失から風量を計算している。この結果より、必要風量を供給するための適切なコントラファンの能力の算定や換気制御を行っている。今回対象とした地下構造物は大規模地下空洞を含んだ複雑かつ長大な管路網を有しているため、各坑道および工事進捗段階毎に用いられる風管を全て空気の流動回路としてとらえ、複雑な管路における空気の流れを回路の抵抗から生じる圧力差から解明する手法を用いて検討した。



図－1 坑道換気概念図

キーワード：地下構造物、換気システム、大規模地下空洞、管路網解析

連絡先：東京都港区北青山2-5-8 (TEL 03-3423-1801, FAX 03-3405-1854)

4. 大規模地下空洞内における空気の流れの取り扱い

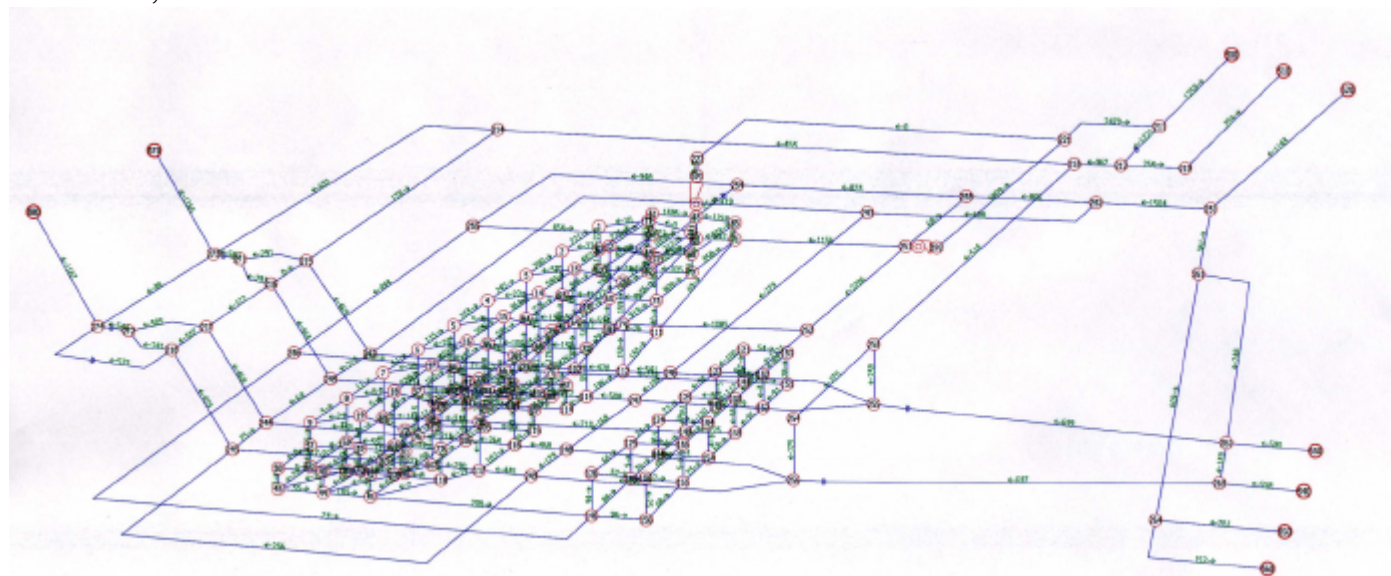
一般的に今回対象としているような大規模地下空洞内においては、その空間内の位置によって空気の流れと温・湿度環境が異なってくる。このような空気の流れを解明するためには、いわゆる建築等の空調解析等で用いられている流体解析（Computerized Fluid Dynamics）が主流であったが、解析時間とコストがかかること、および空間外部との境界条件の設定が難しいため、坑道を含んだ地下構造物全体としての解析ができなかった。したがって、今回、簡易な解析手法として、大空間をいくつかの小空間の集合体と考え、それぞれの小空間を架空の坑道で代表した3次元メッシュを構築し、通気網解析を行った。この場合、架空の坑道としては15 m×15 m×15 m程度の空間と考え、坑道の通気抵抗値を微小値とし、大空間を表現した。

5. 換気解析結果

図－2に解析モデル図を示す。

今回、解析するにあたっては工事の進捗状況を考慮し、時系列的に6段階程度の解析ステップを設け、各坑道の貫通状況、また工事進捗段階毎に用いる風管の設置状況、コントラファンの移設状況等を考慮した。

この結果、各工事進捗毎の地下構造物内の空気の流動状況を確認し、換気設備を設計することができた。また、大規模地下空洞内の空気の挙動は簡易解析手法を適用したものの、実用上問題ない精度でおおよその空気の挙動、風量等を確認できた。



- ・ 棒線は各坑道を示す。
- ・ 風管は同じ位置に存在する別回路として取り扱った。
- ・ 工事の進捗状況に応じ、回路を遮断した。

図－2 換気解析メッシュ図

6. 今後の検討

今回は、大規模地下空洞を含む複雑な管路網をもつ地下構造物における換気解析手法として、圧力差に着目した管路網解析を行い、また大規模地下空洞の取り扱いとして従来より簡易な解析手法を提案した。今後は、大規模地下空洞に従来の換気解析手法である流体解析等により、今回用いた大規模地下空洞を架空の坑道で代表させる手法との比較検討を行い、従来手法との精度の検証を行う予定である。

また、実際に工事進捗中には現地にて風量測定等を行い、換気解析結果と実施工時の地下構造物内の空気の挙動についての整合性について検討し、今回実施した換気システムの検証を行う予定である。今後、新しい知見が得られた場合、別の機会に報告していく予定である。