

5. 既設トンネルの覆工背面空洞調査法 (PVM) システムの開発

日本道路公団：大嶋 健二、清水建設(株)：河野 重行、
古河機械金属(株)：*阿部 裕之

1. はじめに

既設トンネルの覆工背面の空洞や地山の性状を高精度に調査することは、トンネルの適切な維持補強工法の選定にとって非常に重要である。一般に、覆工背面に空洞が存在する場合、トンネルは構造上不安定となり長期耐久性が低下するため、空洞が存在するトンネルを対象に、裏込め注入材等でその空洞を充填する必要がある。

その空洞規模の調査には、これまで電磁波レーダや超音波などの非破壊物理探査手法が広く用いられて来たが、覆工コンクリートが厚い場合や背面に崩落土砂が堆積していたり地下水が存在する場合などでは、調査精度の低下が危惧されていた。

そのため、現在ではコアボーリングによって覆工を実際に削孔し、計測棒を用いて直接的に空洞高を調査計測する手法が採用されているが、削孔自体に時間が掛かるため、密な間隔 (10m 以下) での調査削孔は費用面で課題もあり、結果として空洞規模調査の精度低下を招く可能性が依然として残っていた。

そこで日本道路公団、清水建設(株)及び古河機械金属(株)の三社は、覆工及びその背面地山を小孔径で高速穿孔しながら、精度よく覆工背面の空洞規模や性状を調査できる PVM (Percussive-drilled Void Measuring) システムを共同で開発した。

PVM システムによる調査穿孔の基礎実験と、供用トンネルでの実証テストを踏まえ、今回『トラック搭載型覆工背面空洞調査専用機 (PVM-I)』を開発したので、実用機完成に至るこれまでの経緯を報告する。

2. PVMシステムの概要

本システムは小型油圧ドリフタ (打撃回転式さく岩機) で覆工及び背面地山を小孔径 ($\phi 33$) で高速穿孔し、複数のセンサーで穿孔にまつわる各種

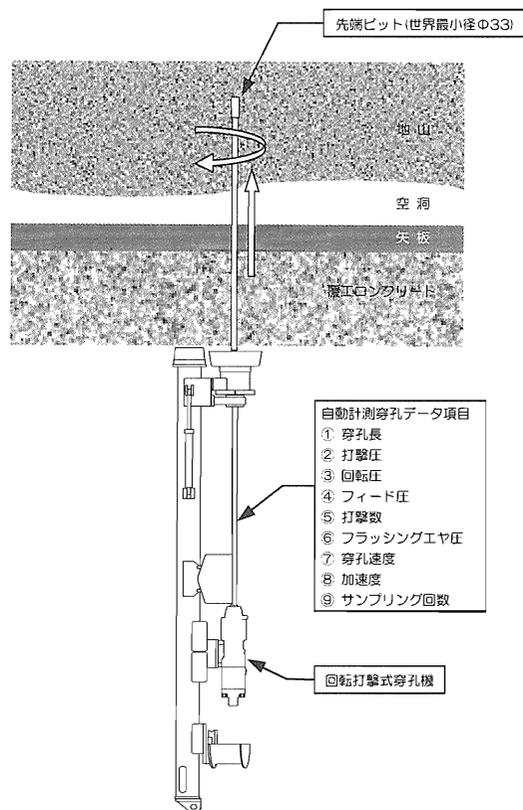


図 2-1 調査手法概要図

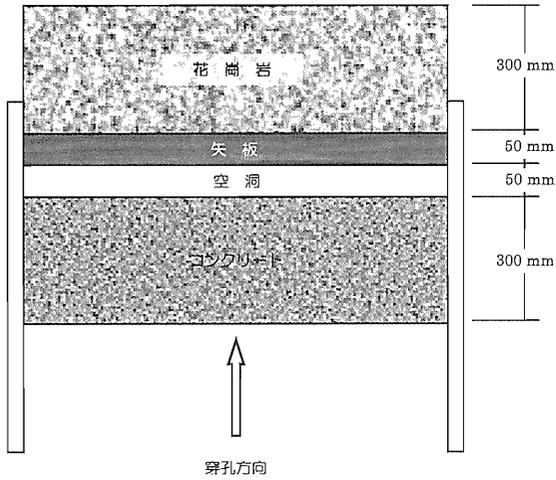


図 3-1 供試体(公開テスト)

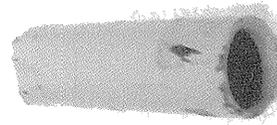


写真 3-3

φ33 調査ビット

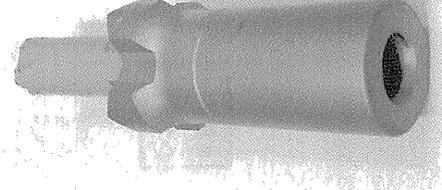


写真 3-4 φ65 拡張ビット

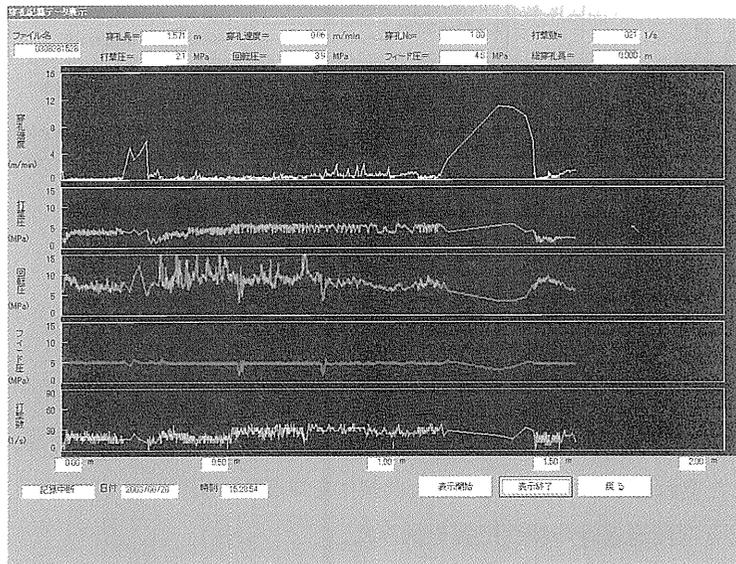


図 3-2 データ表示装置穿孔データ表示画面

図 3-3 データ記録装置穿孔データ記録画面

4. 実証テストの経緯

通常のホイールジャンプに PVM システムを搭載して、供用中のトンネル（3ヶ所）における実証テストを実施した。実際にφ33で覆工を穿孔し、収集データから判断した状況と実際とを比較するため、小型モニターカメラを調査孔に挿入し確認した。また最終的な充填作業を想定し、φ65への拡径穿孔や埋栓の施工を検証した。更に打撃振動が覆工へ及ぼす影響度を確認するため振動計測も実施した。一連の作業手順を検証し、実用機のあるべき姿を確認した。

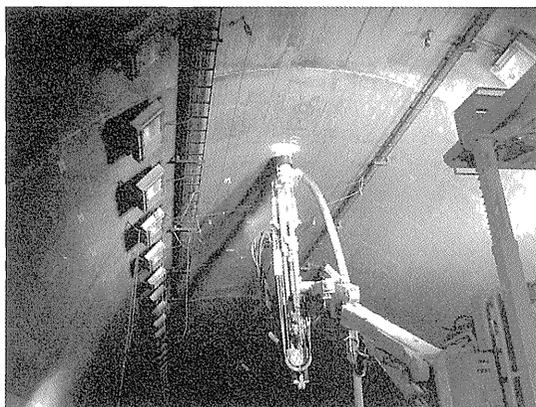


写真 4-1 H トンネル現場写真



写真 4-2 M トンネル現場写真

5. PVM調査専用機

空洞調査専用機は、図 5-4 に示すように、ベースとなる 8 トントラックに、穿孔装置、エクステンションブーム（ヨークスライド/ヨーク回転機構付き）、電動油圧パック、油圧制御ユニット、電気制御盤、ダストコレクタ、発電機、コンプレッサ、クレーン、そして解析用コンピュータユニットから構成される。穿孔装置を乗架するブームには角度センサを内蔵し、穿孔角度が自動記録されるようにした。更にトンネル延長方向の穿孔調査位置と穿孔データを自動的にリンクさせるため測量機も搭載している。



写真 5-1 完成機(右側面)写真



写真 5-2 完成機(左側面)写真

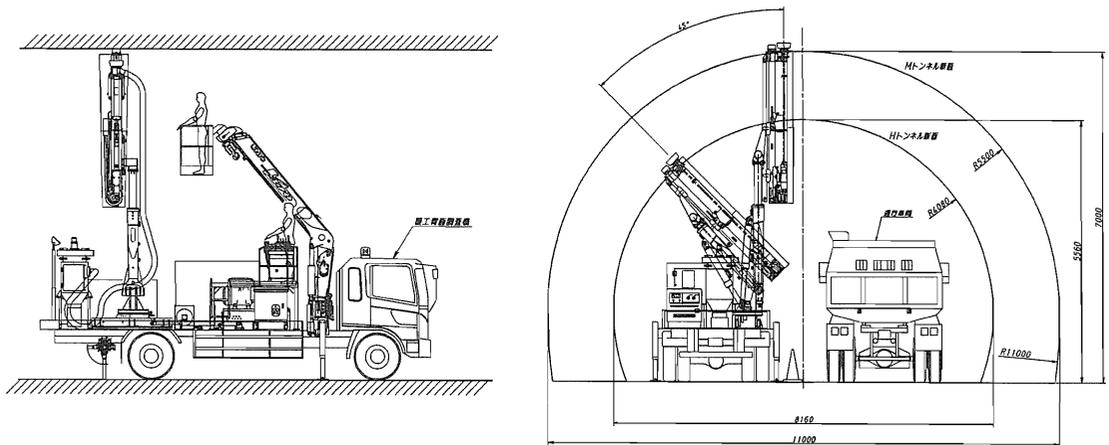


図 5-1 作業イメージ図

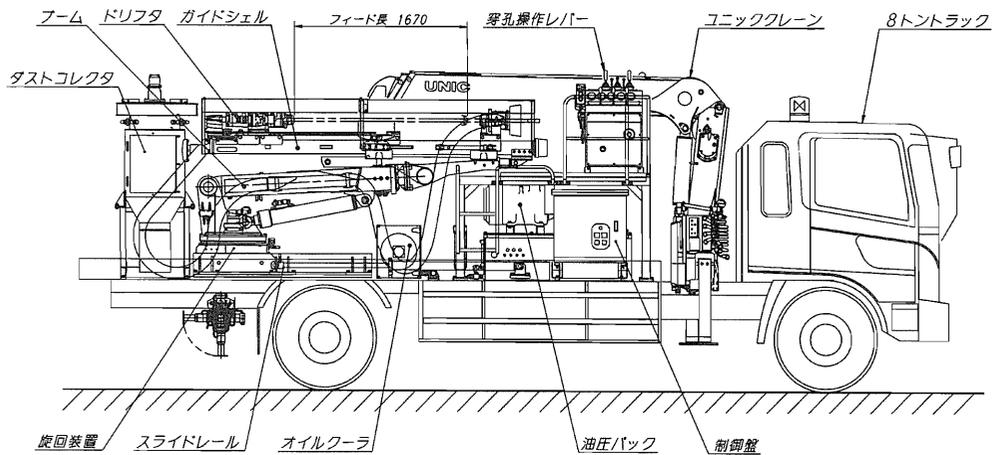


図 5-2 完成機器配置図

6. まとめ

- ① 覆工厚や空洞高を高精度で調査測定が可能である。
- ② 調査精度は、覆工厚や地下水の存在などに影響を受けない。
- ③ 穿孔径は $\phi 33\text{mm}$ と小さく、トンネル構造や管理面への影響を最小限にできる。
- ④ 1ヶ所当りの穿孔時間は約5分程度であり、従来のコアボーリングによる調査に比べ、極めて短時間(1/8程度)で調査が可能。規制日数の短縮他コストの削減が期待できる。
- ⑤ データ解析がより客観的になり、瞬時に自動判読する事も可能になった。
- ⑥ 調査の結果空洞が判明した場合、裏込充填する為にその孔を $\phi 65$ まで拡径する作業がそのまま『PVM機』で実施可能である。
- ⑦ 『トラック搭載型空洞調査専用機』の完成で、PVMシステムに機動性と安全性が備わり、あらゆる現場に公道を自走して急行し直ちに調査を実施できる。

7. おわりに

今後は誰が調査穿孔に携わっても普遍的なデータが得られるよう、ある一定の決められた穿孔操作手順に従って自動穿孔が可能な機械に改良して行く。更に誰がデータを見ても客観的な判読結果が自動的に得られるよう、この空洞調査専用機を運用して、多くのトンネルにおける調査穿孔データを蓄積し次なる飛躍を目論んでいる。

現在 PVM システムで採集される膨大なデータを複合的に判読し、高精度かつ客観的に穿孔対象の性状を判定する手法として、人工知能技術として知られている SOM（自己組織化マップ）を用いたデータ分類／判別手法を試みている。この手法で基礎テストや実証テストのデータを学習させた後、新しい穿孔データの自動分類を試みたところ、かなりの高精度で実際と一致する事が確認できた。

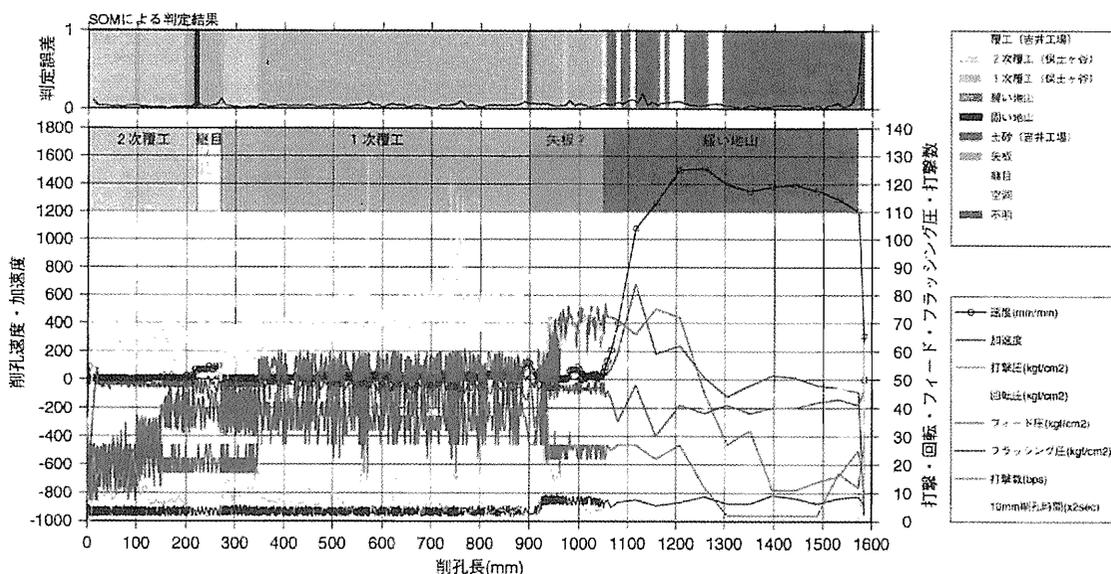


図 7-1 H トンネル SOM 解析データグラフ

更に一断面当りの調査穿孔本数を増やし、これらのデータを複合的に解析しながら、覆工及びその背面の地山性状を 3 次元的に可視化する技術を開発して、空洞規模調査の総合システムへと進化させて行く所存である。

最後に、本システムの開発に際して日本道路公団及び清水建設（株）の関係各位から頂いたご指導／ご協力に心から感謝申し上げます。

以 上