

VI-82

微重力探査手法を用いた道路トンネルの廃坑調査

ハザマ 正員 鈴木 雅行, 加藤 ひろし, 向田 恵三

日本道路公団 菊地 弘, 基礎地盤コンサルツツ(株) 武田 茂典

1. まえがき 秋田自動車道仙人トンネル東工事の施工において、T.D. 580m付近の上半切羽掘削中、切羽鏡に若干の崩壊とともに大きな空洞が出現した。詳細調査をした結果、金属鉱山の廃坑であることが判明した。このため、空洞調査方法として、比較的広範囲の調査が可能であり、しかもボーリング等の必要のない微重力探査を実施し、トンネル周辺の空洞を把握し必要な区間の対策工を実施した。本報告は、トンネル周辺に出現した廃坑の調査方法として採用した微重力探査手法の探査方法および探査結果について述べるものである。

2. トンネル概要 仙人トンネル東工事は、道路2車線断面トンネルである。掘削工法はNATMショートベンチ工法である。掘削方式は爆破方式を主体としている。今回の廃坑が出現した区間の地質は、新第三紀中新世の大石層の凝灰岩、凝灰角礫岩、変質輝石安山岩が層状に堆積しており、岩片は硬質であるが割れ目が多い状態である。一軸圧縮強度は $300\sim 400\text{kgf/cm}^2$ が主体である。廃坑の出現した地点の地質は比較的安定した凝灰岩で、その割れ目には黄鉄鉱、赤鉄鉱、水晶等の鉱物が確認されている。

3. 微重力探査手法の概要 微重力探査手法とは、「2つの物体はそれぞれ物体の質量の積に比例し、距離の2乗に反比例する引力を及ぼしあう」という万有引力の法則を利用したものであり、重力計内部の振子の質量と地盤の密度との関係により計測地点の重力を把握し地盤の密度を測定できるものである。地山内に空洞があった場合には重力がわずかに減少すること、重力の減少度合いにより深さ方向の把握も可能なため、これらの挙動を精度良く探査し解析することで空洞の位置や規模を推定する方法である。図-1に深度別重力異常測定概念図を示す。なお、探査に用いた微重力計は、現在最も高感度でかつ安定性に優れているといわれる米国 LaCOSTE & ROMBERG社製の可搬型重力計 LaCOSTE MODEL-D(D-158)を用いた。

4. 廃坑の調査 探査区間として、廃坑の深度および延長を確認するため、水沢銅山の概要図から、本坑 260m区間、作業坑 100m区間を設定した。測線は本坑、作業坑ともトンネル中心、および両端の3測線で計画した。測点はトンネル中心では10mピッチ、両側で20mピッチの千鳥配置とし、重力の急変する箇所がある場合、解析精度を向上させる目的で測点を追加した。測線配置平面図を図-2に示す。

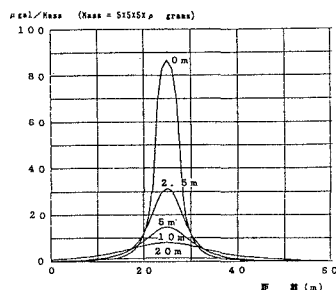


図-1 深度別重力異常測定概念図

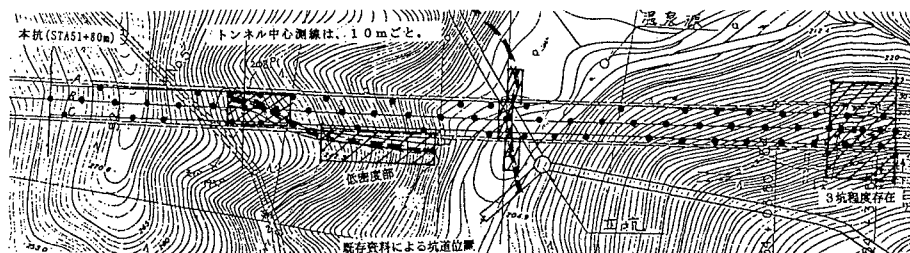


図-2 微重力探査測線配置平面図

5. 微重力探査の測定方法と解析 微重力の測定にあたっては測定精度を十分確保するために、各測点3以上採取し再現性の確認および周辺の計測値との比較を行いながら測定した。地盤内の密度を解析するために、図-3に示す解析モデルを設定した。解析モデルは上方がトンネル上半盤（作業坑では底盤）より上部へ50m、下方が50mの範囲とした。また、左右の領域はトンネル中心より左右に1.5Dの範囲とした。各ブロックはトンネル軸に2.5m、深さ方向に2.5m、およびトンネル直角方向には本坑10m、作業坑5mの大きさとした。測定後の解析および作図までのフローを図-4に示す。

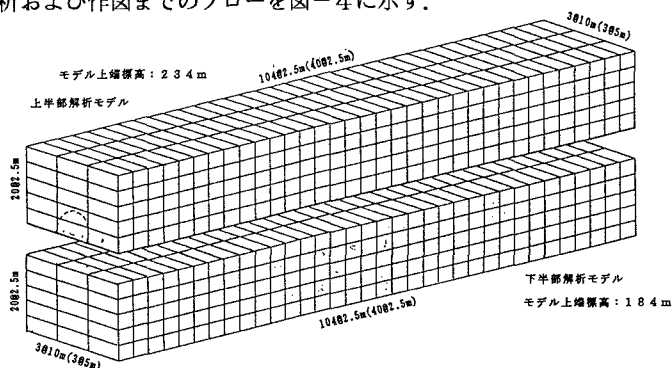


図-3 解析モデル概念図

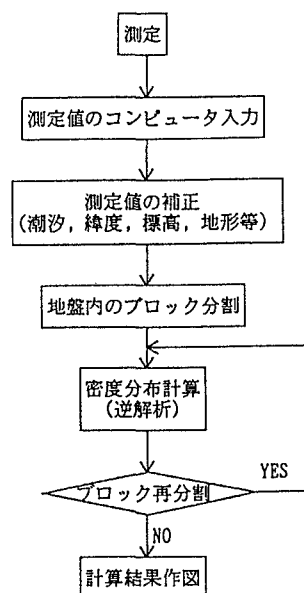


図-4 測定後の解析フロー

6. 廃坑の調査結果 微重力探査によって判明した空洞位置について、本坑から主要な位置にさぐりボーリングを行った。その結果、廃坑探査位置との精度は1m程度の誤差で探査でき、十分適用できる手法であることがわかった。本坑中心位置での解析結果の密度分布図を図-5に示す。

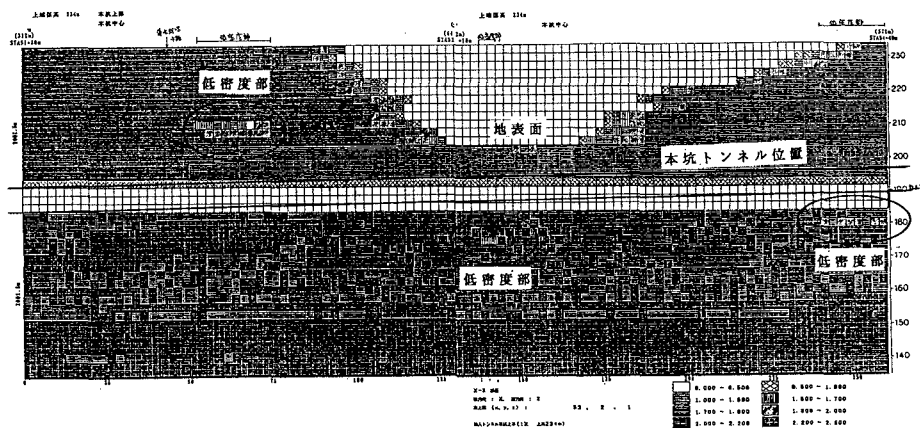


図-5 本坑中心位置での解析結果の密度分布図 (STA.51+80~54+40)

7. おわりに

トンネル坑内に出現した廃坑の調査手法として、微重力探査手法を用いて広範囲のトンネル周辺の廃坑の調査を実施し概略の位置を確認後、詳細な位置確認のためのボーリングを実施し確認した。調査結果としては廃坑の位置を比較的精度良く確認することができ、必要な対策工を施工することができた。

なお、微重力探査の実施、解析および廃坑処理に対してご協力をいただいた(株)間組佐々木照夫氏、井上賢一氏、基礎地盤コンサルタンツ(株)関谷堅二氏、梅内勝彦氏に深甚なる謝意を表する次第である。