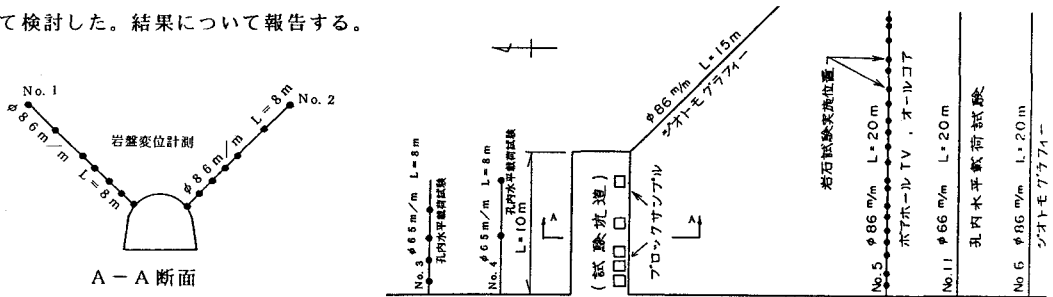


III-331 坑道周辺の緩み調査について

三井建設機技術研究所 ○小瀬 幸雄  
 三井建設機技術研究所 正会員 中田 雅夫  
 サンコーコンサルタント(株) 正会員 佐々木勝司  
 サンコーコンサルタント(株) 福間 敏夫

1. はじめに

坑道等の地下空間において、緩み領域や緩みに伴う二次地圧は、古くから問題となっている。今回、旧砂川炭鉱の深度450mの既設坑道より、試験坑道の掘削とボーリングを行い、これらを用いて ①試験坑道壁面調査、②岩石試験、③坑内水平載荷試験、④BTV観察、⑤サイスマックジオトモグラフィー、⑥岩盤変位の測定等を行った。各試験・測定法ごとに、試験値・測定値の違う部分を、岩盤空洞周辺の緩み範囲として検討した。結果について報告する。



250L 兩大坑道  
 図1 試験測定位置平面図

2. 試験・測定結果

①試験坑道壁面調査

試験坑道(L=10m)で、壁面の観察(縮尺1/20)を行った、地質は良好な砂質頁岩でほぼ一様であった。目視観察による緩み範囲(亀裂面の開口やズレ等)は既設坑道側壁より1m程度と推定された。

②岩石試験

ボーリングコア及び試験坑道掘削時に採取したブロックサンプルを用いた岩石試験による岩盤物性は表1となった。既設坑道の側壁部を起点として、各試験の側壁からの離れに対する測定値に変化のある見掛け比重、有効間隙率、吸水率、含水比の変化をプロットすると図2になる。岩盤物性値のバラツキからトンネル周辺の緩み範囲は、2m程度と推定された。

表1 岩石試験結果

| 採掘方法                  | 項目               | 試験個数           | 分布範囲      | 平均値           |        |
|-----------------------|------------------|----------------|-----------|---------------|--------|
| ボ<br>ー<br>リ<br>ン<br>グ | 見掛け比重            |                |           |               |        |
|                       | 自然               | 5              | 2.37~2.53 | 2.46          |        |
|                       | 湿潤               | 5              | 2.45~2.56 | 2.51          |        |
|                       | 乾燥               | 5              | 2.30~2.46 | 2.38          |        |
| コ<br>ア                | 有効間隙率            | 5              | 11~15     | 12.9          |        |
|                       | 密度(g/cm³)        | 20             | 2.47~2.58 | 2.54          |        |
|                       | P波速度             | 19             | 3.20~3.97 | 3.60          |        |
|                       | S波速度             | 19             | 1.64~2.02 | 1.88          |        |
|                       | サ<br>ン<br>プ<br>ル | 軸圧強度(kg/cm²)   | 2         | 310~490       | 400    |
|                       |                  | 30°            | 2         | 250~270       | 260    |
|                       |                  | 90°            | 2         | 300~320       | 310    |
|                       |                  | 静的弾性係数(kg/cm²) | 2         | 36,000~42,000 | 39,000 |
|                       |                  | 30°            | 2         | 33,000~40,000 | 36,500 |
|                       |                  | 90°            | 2         | 39,000~50,000 | 44,500 |
| 圧裂強度                  |                  | 19             | 16~35     | 26            |        |
| ブ<br>ロ<br>ック          | 熱伝導度(kcal/mhC)   | 7              | 1.7~2.1   | 1.9           |        |
|                       | 熱膨張率(10⁻⁶/C)     | 7              | 6.3~11.7  | 8.8           |        |

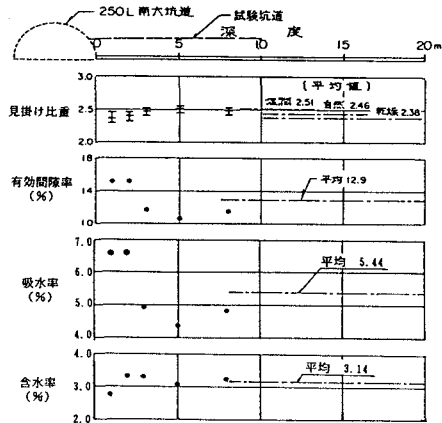


図2 岩石試験の深度変化

③ 孔内水平載荷試験

No. 3, 4, 11 ボーリング孔でエラストメーターを用いた孔内水平載荷試験を、繰返し載荷で、2 m間隔を基本に実施した。深度方向の変形係数の変化をプロットし図3に示す。変形係数のバラツキからの緩み範囲は、1 m程度と推定される。

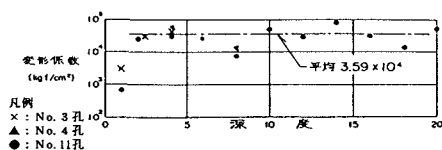


図3 変形係数の深度変化

④ BTVによる緩み範囲

No. 5 ボーリング孔において、BIPシステムを用いて開口幅等の孔内観察を行った。亀裂状況は、クラックチャートとして図4に示す。図4の累積開口量の折れ点は、深度1.5m, 3.8m, 11.8m, 14.4m, 18.9mに認められ、各区間の特徴を表2に示す。深度1.5mまでは、単位長さ当たりの亀裂数、最大開口幅及び平均開口幅の値が大きく、緩み範囲は、1.5mと推定される。

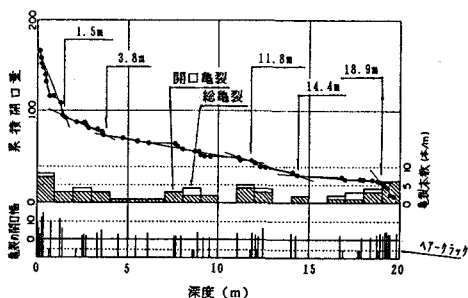


図4 クラックチャート

表2 区間毎の亀裂状況

| 区間        | 区間長 (m) | 亀裂数 (本) | 単位長さ当りの亀裂数 (本/m) | 最大開口幅 (mm) | 平均開口幅 (mm) |
|-----------|---------|---------|------------------|------------|------------|
| 0.0~1.5   | 1.5     | 11      | 7.3              | 14         | 7.3        |
| 1.5~3.8   | 2.3     | 7       | 3.0              | 5          | 2.5        |
| 3.8~11.8  | 8.0     | 15      | 1.9              | 4          | 1.7        |
| 11.8~14.4 | 2.6     | 8       | 3.1              | 6          | 3.1        |
| 14.4~18.9 | 4.5     | 8       | 1.8              | 2          | 1.0        |
| 18.9~20.0 | 1.1     | 7       | 6.4              | 4          | 3.1        |

⑤ サイスマミックジトモグラフィ

既設坑道、試験坑道及びNo. 6, 9 ボーリング孔で囲まれる範囲を対象に測定を行った。トモグラフィにより求めたセル速度 ( $V_{pt}$ ) とコア (No.5 孔) のP波速度 ( $V_{pc}$ ) の比をCTとすると、 $CT = V_{pt}/V_{pc}$  で示される。CTの深度方向の変化を図5に示すと、CTの値は、深度0mから5mまで深度の増加と共に増加し、深度5m以深はバラツキはあるが、0.95~1.23に分布している。深度5m以深のバラツキを試験サイトの本来のバラツキとして、 $CT < 0.9$  を緩みと想定すれば、深度4m以深はバラツキの中に入るので、緩み範囲は、3mと推定される。

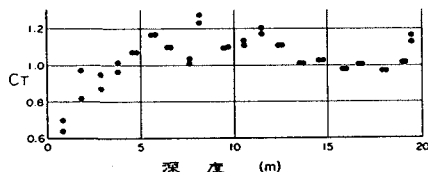


図5 CTの深度変化

⑥ 岩盤変位の測定

試験坑道の掘削に伴いNo. 1, 2 ボーリング孔に地中変位計を設置して岩盤変位の測定を行った。深度による変位を図6に示す。掘削による岩盤の短期の緩みは、歪みの70%を1mが占めて入るので、緩み範囲は、1m以下と推定される。

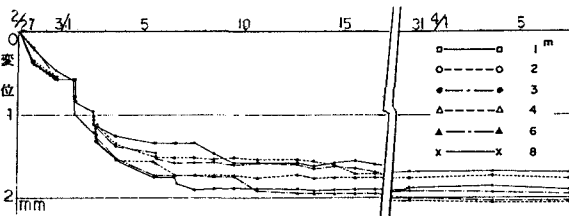


図6 地中変位測定結果 (No.2ボーリング孔)

3. まとめ

①~⑤の試験・測定結果は、既設坑道が建設されてから数十年間の累計の緩み域と考えられ、各試験法共に1~3 mを示している。一方⑥の測定は、短期間の緩み域で1 m以下の緩み域と考えられる。この差は、時間、測定方法、掘削時の条件 (湧水の有無) 等が考えられる、時間については地中変位計で今後も継続して測定する予定である。

<参考文献>

1) 佐々木他：岩盤空洞周辺の緩み領域の調査について、第23回岩盤力学に関するシンポジウム 1991年