

III-B 181

堆積軟岩での掘削影響領域の透水係数測定

動燃事業団 正会員 ○安達 哲也
〃 正会員 杉原 弘造

1. はじめに

岩盤中に坑道を掘削すると、その周辺岩盤には力学的および水理学的な性状が変化した領域（掘削影響領域）が発生すると考えられる。最適な地下建造物の設計・建設のためには、掘削影響領域の定量的な把握が重要である。本研究の主な目的は、坑道周辺岩盤の透水係数に着目し、その分布状況を計測し把握することである。計測は、岐阜県にある東濃鉱山で行った。試験方法は、原位置試験として低圧ルジオン試験と水理学的緩み領域測定装置¹⁾による試験の2種類、室内試験としてトランジェント・パルス法を採用した。

2. 計測の概要

図-1に示すような立坑（ $\phi 6$ m）と水平坑道（4.5 m $\times$ 4.5 mの馬蹄形、深度45.5 m）周辺に試錐孔（A孔～D孔）を掘削し透水試験を実施した。また、計測を行った岩盤は、新第三紀の堆積岩であり、ほぼ均質な凝灰質の泥岩である。岩盤の基本物性は平均値で、一軸圧縮強度6.5Mpa、間隙率52.6%である。

A～D各孔での試験方法、測定点数等を表-1に示す。なお、B孔では、立坑掘削の前後で透水試験を行い、掘削による変化を調べている。

C孔の計測に用いた水理学的緩み領域測定装置の概略を図-2に示す。本装置は坑道周辺に掘削した試錐孔を使用する。計測区間は長さ10cmであり、前後のプッシングパッカーと遮水用充填材（樹脂）によって区切られている。試験は注入法による透水試験を実施し、Hvorslevの定常式²⁾を用いて透水係数を算定するものである。

3. 結果と考察

坑道掘削後に計測したA孔～D孔での透水係数と坑道壁面からの距離の関係を図-3に示す。ただし、B孔での計測点は水平坑道より立坑に近いので、立坑壁面からの距離で示している。さらに、B孔における、立坑掘削前後での透水係数の変化を図-4に示す。これらの結果より以下のことが分る。

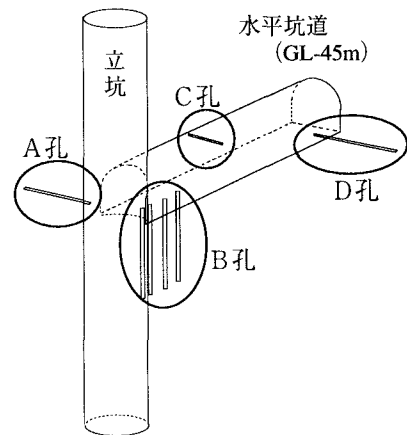


図-1 試験のレイアウト

表-1 各孔での試験方法と測定点数

計測孔	試験方法	測定点数	測定区間長 (m)	坑壁と計測区間中心の距離 (m)
A	低圧ルジオン試験	4	1.0	1.65, 2.65, 3.65, 4.65
B	低圧ルジオン試験	4	2.0	0.80, 1.30, 2.30, 3.30
C	定圧注水試験	5	0.1	0.35, 0.69, 1.03, 1.45, 1.94
D	トランジェント・パルス法	1	—	3.00

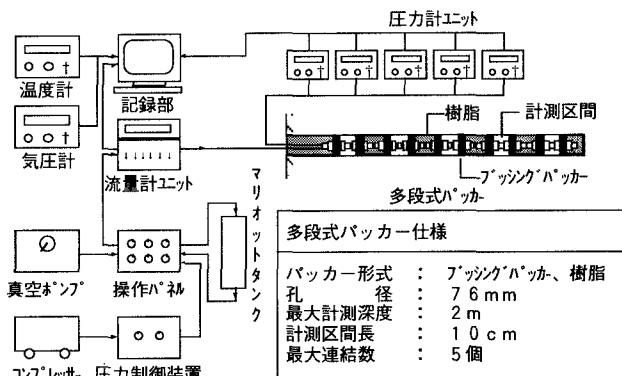


図-2 水理学的緩み領域測定装置

1) 図-3より坑道壁面から1 m以内の範囲で透水係数が大きくなっている場合がある。このことより、岩盤に坑道を掘削すると周辺岩盤の透水係数が変化する領域があり、内径が4～6 m程度の坑道を発破工法により掘削する場合、透水係数の変化する範囲は1 m程度と考えられる。

2) 図-3より、5cm オーダーのスケールであるコアを用いた室内試験による透水係数（D孔）と、1m オーダーのスケールである原位置試験による透水係数（A、B孔）はオーダー的に近い値を示している。これは、計測を行った岩盤の透水性に対する亀裂の影響が少なく、両方法で岩盤のマトリックス部の透水性が評価されているためと考えられる。また、原位置試験の内、水理学的緩み領域計測装置（C孔）の方が低圧ルジオン試験（A、B孔）に比べ室内試験（D孔）に近い結果が得られた。これは、水理学的緩み領域計測装置の測定区間が10cm と小さいために、測定区間が長い場合に比べ、コアに近い局所的な透水係数を測定しているためと考えられる。

3) 図-4に示すB孔の掘削前後の透水係数の比較より、坑道壁面から1 m以内の透水係数が掘削後大きくなっていることから、掘削による影響がこの範囲に及んだと考えられる。また、坑道壁面から2.3 mでの透水係数が高い値を示しているが、掘削前後での変化が小さいことから、掘削による影響ではなく、元の岩盤自体の透水係数が高かったためと考えられる。透水係数の高い要因として天然亀裂が考えられるが、ボアホールカメラによる亀裂調査を行った結果、他の測定点と比べ亀裂状況に違いは認められず、原因は不明である。このような特殊な場合と掘削による影響とを区別するためには、掘削前後での透水試験の実施が有効であると考えられる。

図-3は坑道掘削後でのA～D孔の透水試験結果を示すグラフである。縦軸は透水係数（cm/sec）の対数スケール（1.0E-09から1.0E-03）で、横軸は坑道壁面からの距離（m）（0.0から5.0）である。データはA孔（低圧ルジオン試験）、B孔（低圧ルジオン試験）、C孔（水理学的緩み領域測定装置）、D孔（トランジエント・パルス法）の4種類で示されている。A孔とB孔は1.0E-07から1.0E-06 cm/secの範囲にあり、C孔は1.0E-07から1.0E-05 cm/secの範囲にあり、D孔は1.0E-07から1.0E-06 cm/secの範囲にあり、坑道壁面から1 m以内の範囲で透水係数が大きくなっている場合がある。

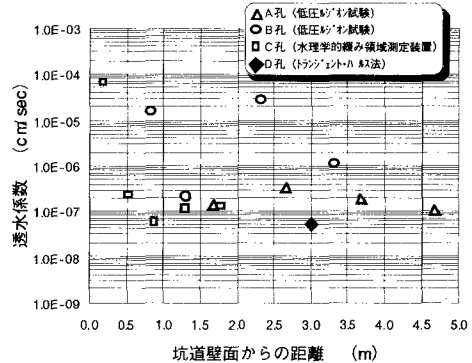


図-3 坑道掘削後でのA～D孔の透水試験結果

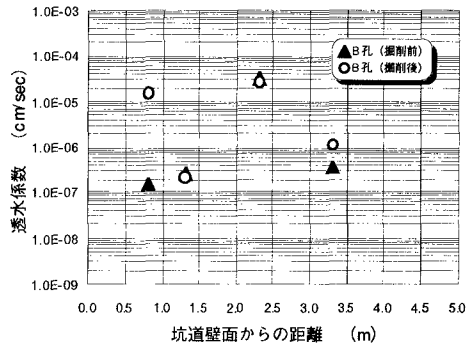


図-4 B孔における掘削前後の透水係数の比較

4. まとめ

今回の計測により、岩盤中に坑道を発破工法により掘削すると、その周囲に約1 m程度の範囲で透水係数の変化する領域が存在することが分った。また、天然亀裂等によりもともと透水係数が高いのか、掘削により透水係数が変化したのかを把握するために、掘削前後での透水試験が必要である事が分った。しかし、今回の計測では掘削により透水係数が大きくなったと考えられる点が2点と少なく、これらが特殊な値でないことを評価し、また、透水係数が坑壁からの距離によりどのような分布をしているのかを把握するためには、より多くのデータが必要である。さらに、他の岩盤についても同様な試験を行い、岩種の違いにより掘削影響領域の広がりがどの程度異なるのかを評価していく考えである。

謝辞

最後に、計測実施者である大成基礎設計、試験装置の開発者である動燃事業団技術開発課関係者に感謝の意を表します。

（参考文献）

- 1) 後藤和幸, 中野勝志, 柳沢孝一: 坑道周辺岩盤のゆるみ領域を水理学的に評価する測定装置の開発: (社)日本原子力学会「1992 秋の大会」, pp338 (1992)
- 2) M.J.Hvorslev: Waterways Resources Research (1951)