

地下空洞掘削に伴う周辺岩盤における透水性の変化に関する一考察

電力中央研究所 土木技術研究所 本 島 勲

1. まえがき

地下空洞の掘削に伴ない周辺岩盤において、節理の開口および発生を含む岩盤のゆるみ現象により、節理に依存する岩盤の透水性は、当然変化することが予測される。

そこで、空洞掘削に伴ない周辺岩盤で透水性を計測し、透水性の変化に関する検討を行なった。

計測は、空洞の中間標高附近に存在する周辺坑より空洞に向け2本のボーリング孔を削孔し、空洞掘削に伴ない6回行なった。計測には、当所で開発した地下水検層装置を用いたが、計測精度は、 $\pm 10\%$ 程度である。計測個所の地質は、C_H～B級の新鮮、堅硬な花崗閃緑岩である。

2. 空洞掘削に伴ない透水性の変化

図-1～3に空洞掘削に伴ない透水性の計測結果を示す。

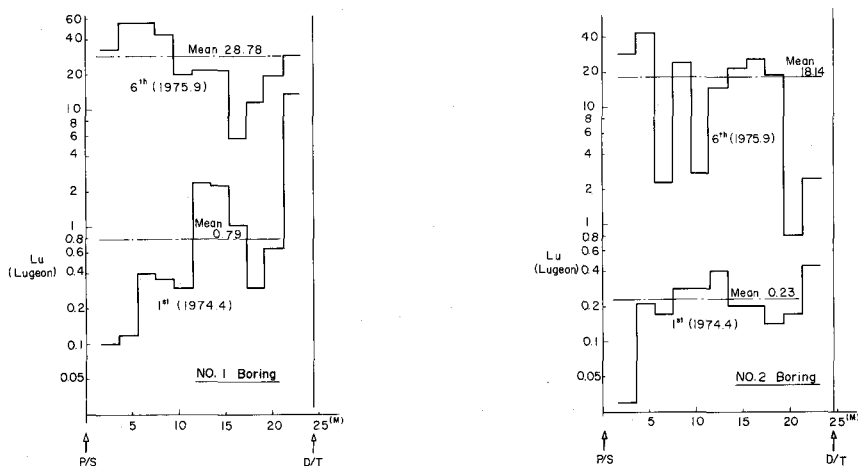


図-1 透水性の計測結果

空洞掘削前の平均透水性は $\#1$ 孔が0.79 Lugeon (0.1～2.4), $\#2$ 孔が0.23 Lugeon (0.03～0.39)であり、掘削後 $\#1$ 孔が28.8 Lugeon (5.7～55.0), $\#2$ 孔が18.1 Lugeon (0.79～43.3)となり、空洞附近では30～55 Lugeonとなる。

空洞掘削前後における平均透水性は、 $\#1$ 孔が3.64倍、 $\#2$ 孔が7.89倍に変化する。(図-1)

空洞の位置によってその変化は異なり、空洞附近5mまでは数百倍と非常に大きく変化し、空洞を離れるに従い変化は小さくなり20m附近では10倍程度になる。(図-2)

空洞掘削位置との関係では、測定位置と同標高個所の掘削時点で大きく変化し、その位置より5m以下ではほとんど変化しなくなる。この傾向は、 $\#1$, $\#2$ 孔共全く同じである。(図-3)

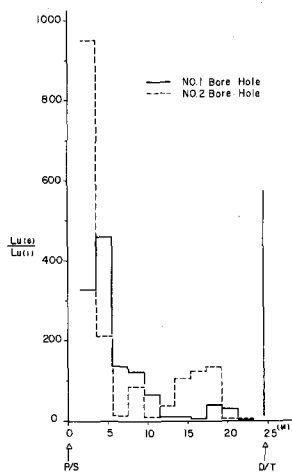


図-2 透水性の変化

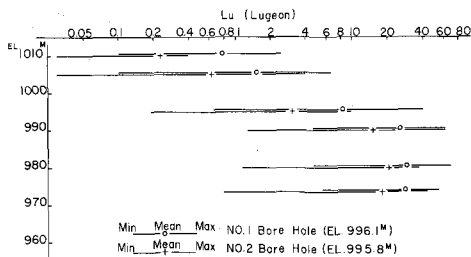


図-3 空洞掘削位置と透水性との関係

3. 岩盤節理と透水性との関係

岩盤の透水性は、岩盤中に存在する節理に依存する。

そこで、岩盤節理と透水性との関係を次式のように表わし、

$$L_u = f(d_i^3, n, \alpha, \beta) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 L_u : 透水性、 d_i : 節理巾、 n : 節理数、 α : 節理の幾何学的状態

β : 節理の方向、傾斜

同一岩石（花崗閃緑岩）での5本のボーリング孔におけるポアホールテレビジョン観測により、図-4をもとに(2)式を導びいた。

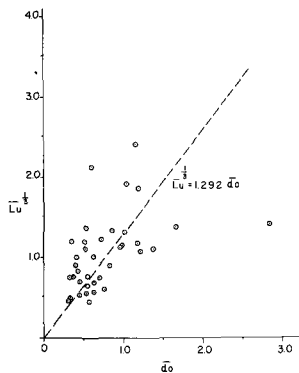


図-4 節理と透水性との関係

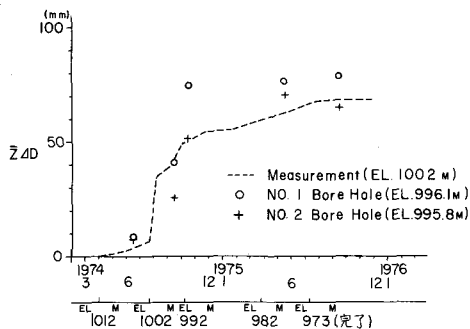


図-5 節理巾の変化（実測値との対比）

$$L_u = 2.154 \bar{N} \bar{d}_0^3 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 L_u ：透水度（Lugeon）， N ：節理密度（1 m 当りの節理数），
 $\bar{d}_0$ ：平均節理巾（mm）

これより、1 m 当りの合計節理巾 D_{mm} は

$$D = 0.774 (N^2 L_u)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (3)$$

となり、節理巾の変化量 ΔD_{mm} は、次式で表わされる。

$$\Delta D = 0.774 \{ (N_A^2 L_u^A)^{\frac{1}{3}} - (N_B^2 L_u^B)^{\frac{1}{3}} \} \dots\dots\dots (4)$$

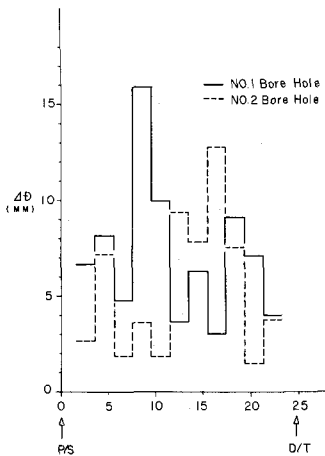
ここに、 L_u^B, L_u^A ：空洞掘削前・後の透水度（Lugeon）

N_B, N_A ：空洞掘削前・後の節理密度

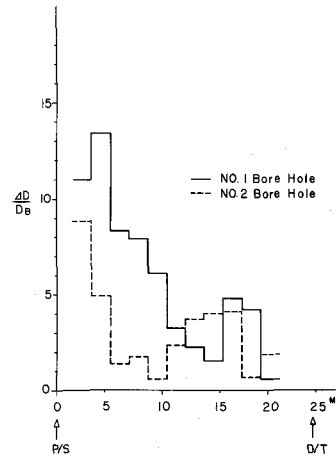
図－5 は、(4)式より求めた節理巾の合計変化量と実測変位量との関係を示すものである。

4. 空洞掘削に伴う節理巾の変化

(4)式をもとに、空洞掘削に伴う透水度の計測結果より節理巾の変化量を求めた。



図－6 節理巾の変化量



図－7 節理巾の変化量の割合

節理巾の変化量は、1 m 当り平均 6.21 mm（1.45～15.9）となる。（図－6）

空洞掘削前における節理巾に対する節理巾の変化量の割合は、空洞付近では非常に大きく（10 倍程度），空洞を離れるに従い小さくなる。この傾向は、透水度の変化と全く同じになるのは当然である。（図－7）

図-8～10に、節理巾の変化量と、空洞よりの距離、空洞掘削前の節理巾、および空洞掘削前の節理密度との関係について示した。

節理巾の変化量は、空洞掘削前の節理密度と比較的高い相関性（ $R=0.597$ ）を示した。（図-10）

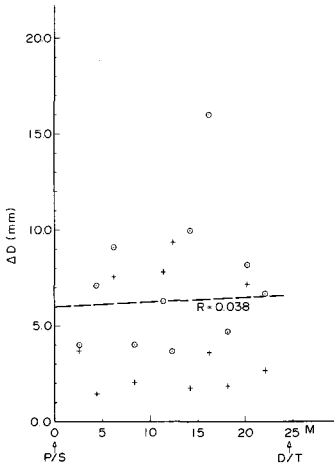


図-8 節理巾の変化量と
空洞よりの距離との関係

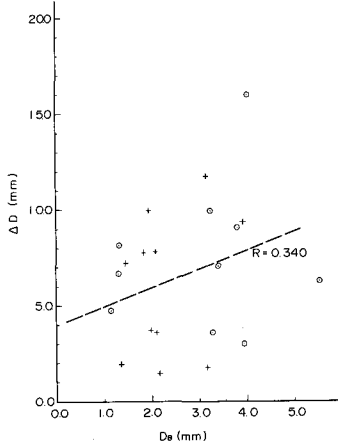


図-9 節理巾の変化量と
空洞掘削前の節理巾
との関係

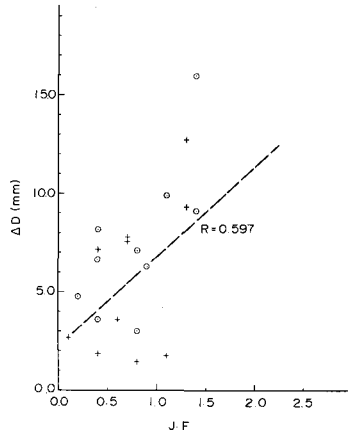


図-10 節理巾の変化量と
空洞掘削前の節理密度
との関係

5. むすび

- 1) 地下空洞掘削に伴ない周辺岩盤の透湿度は、空洞附近（発破による破壊ゾーンを除く）では数百倍に変化し、 $3.0 \sim 5.5$ Lugeon（初期： $0.03 \sim 0.1$ ）になった。

空洞掘削位置との関係では、測定位置と同標高個所の掘削時点で最も大きく変化する。

- 2) ボアホールテレビジョン観察結果をもとに、岩盤節理と透湿度との関係について、次式を導びいた。

$$D = 0.774 (N^2 L_u)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (\text{花崗閃緑岩の場合})$$

- 3) 節理巾の変化量は、空洞掘削前の節理密度と比較的高い相関性（ $R=0.597$ ）を示した。

- 4) (4)式より、空洞掘削後の透湿度は、次式のようになる。

$$L_u^A = \{ (N^2 L_u^B)^{\frac{1}{3}} - 1.2924D \}^3 N^2 \dots\dots\dots (\text{花崗閃緑岩の場合})$$

ここに、 $N = N_A = N_B$

上式により、空洞掘削後の透湿度の予測が可能となる。空洞掘削後の透湿度は地下発電所におけるドレーン設計又は、水封式燃料地下貯蔵施設の湧水量の推定とその対策のために重要な要素である。

（謝辞） 本報告に用いたボアホールテレビジョンによる観察記録は、電力中央研究所 土木技術研究所 地質第三研究室長 堀主任研究員によるものであることを記し、同氏に対し厚く感謝する次第である。

Study on the permeability change of rock mass due to underground excavation

I. Motozima
Civil Engineering Laboratory.,
Central Research Institute
of Electric Power Industry

The permeability of rock masses around the underground cavity for an electric power station are measured through the period of excavation.

The change of Permeability and its variation due to the excavation are discussed in this report.