

Ⅲ-A284

3次元等価透水テンソルによる岩盤内水理特性評価

株式会社 大林組 会員 丹生屋 純夫
同 上 会員 須 藤 賢
同 上 フェロ-会員 大 内 一

1. はじめに

き裂によって異方性が存在する岩盤では透水性にも同様の異方性が生じ、単孔式の透水試験では透水性の評価が不十分であり、多孔式透水試験やクロスホール透水試験で評価する必要がある。

岐阜県神岡鉱山内に開設された当社の地下岩盤試験場では、岩盤の力学から水理まで各種の試験を行った。水理特性を把握するためにこれまで、き裂調査、BTV（ボアホールテレビ）観察、間隙水圧測定および単孔式透水試験を実施している。さらに、短区間（1m）の注水、観測による短区間孔間透水試験を実施し、多孔質媒体として近似した場合の等価透水テンソルをHsiehらの方法により求めている¹⁾。

上記の短区間孔間透水試験結果をもとに、Hsiehらの方法により等価透水テンソルを求め、これを全区間（10m）孔間透水試験の数値解析により検討を加えるものである。

2. 試験方法

図-1に示す鉱山内に設けた岩盤試験場（標高850m、土被り約175m）において削孔した4本のボーリング孔（深度13m 孔径76mm：3孔、深度10m 孔径86mm：1孔）を用いて、図-2に示す全区間孔間透水試験装置を設置した。試験手順および解析評価手順を図-3に示す。

3. 試験結果

3.1 単孔式透水試験

表-1に単孔で行った低圧岩盤透水試験結果を示す。表中の透水係数 k は次式を用いて算出した²⁾。

$$k = \frac{Q}{2\pi L P} \ln \frac{L}{r}$$

Q：注入量（cm³/s）
P：注入圧水頭高（cm）
L：試験区間長（cm）
r：試験孔半径（cm）

これによると、得られた透水係数の範囲は $2.11 \times 10^{-8} \sim 6.93 \times 10^{-7}$ （cm/s）であった。

また、表には有効

注入圧力 2.0 kgf/cm²相当の注水量も併せて示すと、H-1孔において行ったときの注水量が最も大きかったことがわかる。

表-1 単孔透水試験結果

試験孔	試験区間 L (m)	間隙水頭 高さ (m)	最大有効 注入圧力 (kgf/cm ²)	透水係数 (cm/s)	全区間透水試験の有効 注入圧力2kgf/cm ² 相 当注水量 (cm ³ /min)
H-1	3.75~13.09	3.98	2.009	6.93×10^{-7}	88.7
H-2	3.75~13.08	3.91	2.013	2.11×10^{-8}	2.72
			3.995	1.89×10^{-8}	
H-3	3.75~13.00	3.53	2.027	9.26×10^{-8}	11.8
H-4	3.75~10.00	2.97	2.000	1.29×10^{-7}	12.2

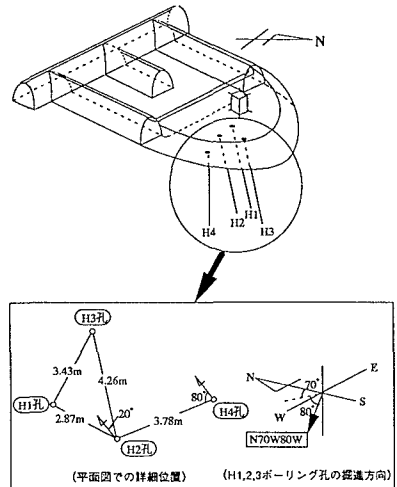


図-1 試験位置概要

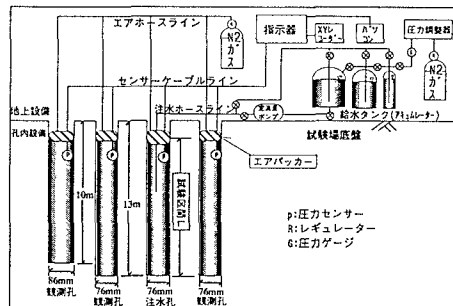


図-2 全区間透水試験装置概要

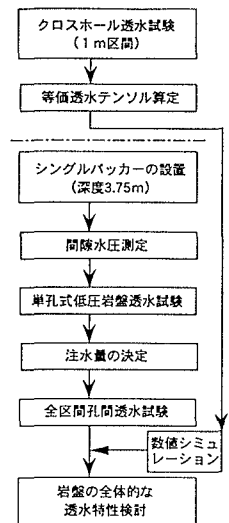


図-3 試験および解析評価手順

キーワード：孔間透水試験、3次元等価透水テンソル、飽和非定常浸透流解析

連絡先：〒204-0012 東京都 清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0910 FAX 0424-95-0903

3.2 孔間透水試験

以上の試験結果から注水量を設定し、全区間孔間透水試験を行った。表-2に注入圧力、試験継続時間および観測孔における定常圧力応答量を示す。これよりH-1孔を注水孔とした場合のみ観測孔において大きな圧力応答が認められた。

表-2 孔間透水試験結果

注入孔	注入流量 (cm^3/min)	定常時有効 注入圧力 (kgf/cm^2)	試験継続時間	観測孔	定常時圧力 応答量 (kgf/cm^2)
H-1	95.3	3.02	13' 23' 00"	H-2 H-3 H-4	1.58 2.72 0.90
H-2	7.7	5.87	15' 20' 00"	H-1 H-3 H-4	0.09 0.60 0.08
H-3	7.7	1.78	21' 22' 20"	H-1 H-2 H-4	0.30 0.42 0.31

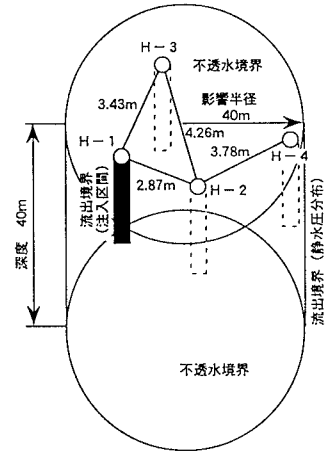


図-4 解析モデル概要

表-3 主透水係数と主軸方向

主透水係数 (cm/s)	主 軸 方 向
$Kw1=4.232 \times 10^{-5}$	N29.2° W64.6° W
$Kw2=9.204 \times 10^{-6}$	N63.1° E 1.1° E
$Kw3=3.163 \times 10^{-6}$	S 26.3° E 25.4° E

比貯留係数: 7.276×10^{-5} (1/m)

4. 数値解析による試験結果の評価

4.1 数値解析概要

表-3に示す3次元の主透水係数および貯留係数を定数として全区間孔間透水試験の数値解析を行った。解析モデルの概念図を図-4に示す。定数とした主透水係数および貯留係数は短区間（1m）の孔間透水試験結果からHsiehらの方法を用いて算出したものである。解析は汎用ソフト‘SIGNAS’を使用した3次元飽和浸透流非定常解析であり、試験ケースと同様にH-1,2,3孔を注入孔とした各3ケースである。なお、注入流量は全水頭量が一定となるようにZ軸方向の14節点に振り分けた。

4.2 解析結果

H-1孔を注入孔とした場合の注入孔の圧力水頭変化を図-5に、その際のH-2孔における圧力水頭変化を図-6に示す。図-5によると、注入孔において定常となった圧力応答値において測定と解析の間に開きが生じているこ

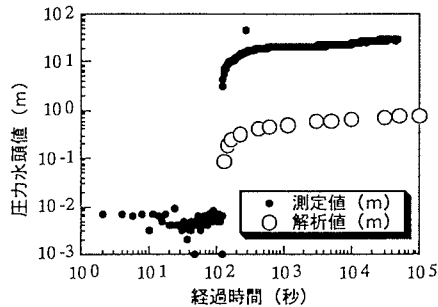


図-5 注入孔（H-1）の水頭変化

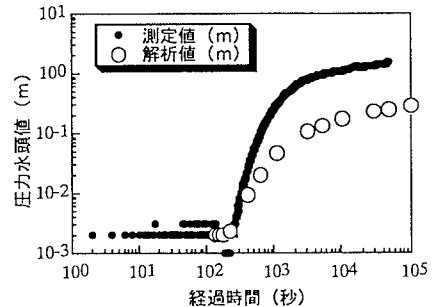


図-6 観測孔（H-2）の水頭変化

とがわかる。注入孔の圧力に相違があることから、図-6における観測孔においても圧力応答値に測定と解析の間に差が出ている。これは短区間の孔間透水試験を実施する際、BTV観察等により最も多くき裂が存在し、透水性が高いと思われる箇所を試験区間としていることから、全体的な透水性を評価する全区間の孔間透水試験結果との相違が現れたものと思われる。しかし、定常域への推移など反応傾向についてはほぼ類似している。その他の観測孔においても同様の結果が得られている。

5. おわりに

神岡岩盤試験場において実施した全区間による孔間透水試験結果を、同孔を用いて行った短区間孔間透水試験から求めた3次元透水テンソルをもとに非定常浸透流解析した結果、観測孔における圧力推移傾向は捉えることができた。しかしながら定量評価を行うには、短区間透水試験は局所特性を反映する可能性もあり、等価透水テンソル評価手法と併せて今後さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 須藤他：神岡岩盤試験場でのクロスホール透水試験による水理特性の検討、第27回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.191～195、1996
- 2) 建設省河川局開発課：ルジオンテスト技術指針・同解説、1984