岩盤割れ目を対象とした孔間透水試験における交差割れ目の影響解析

電力中央研究所　　正会員　○田中　靖治

１．はじめに

孔間透水試験の結果から岩盤割れ目の透水量係数を算出する理論式は、一般に単一の割れ目を対象として導かれている。しかし、結晶質岩において割れ目が単独で存在することはなく、複数の割れ目が交差している。そこで、孔間透水試験の対象となる割れ目に他の割れ目が交差する場合の試験結果への影響を明らかにするために、数値シミュレーションによる検討を行った。

２．解析方法

解析モデルを図 1 に示す。試験対象の割れ目は正方形とし、境界条件の影響を避けるために 1 辺の長さは 50 m とした。揚水孔は試験対象割れ目の中心に配置し、直径 86 mm の空洞で表現した。試験対象割れ目には揚水孔から 6 m 離れた位置で、1 辺の長さ 50 m の他の割れ目が交差するものとした。観測孔は、交差割れ目に直交する方向と平行な方向のそれぞれに揚水孔から 2.5 m、5.0 m、7.5 m、10.0 m 離れた場所に配置した。揚水量は 100 mL/min とした。有限要素メッシュを図 2 に示す。試験対象割れ目、交差割れ目ともに周囲の水位は 0 m に固定した。試験対象割れ目の透水量係数は 1×10^{-7} m^2/sec とし、交差割れ目の透水量係数は 1×10^{-8} m^2/sec、1×10^{-7} m^2/sec、1×10^{-6} m^2/sec の 3 通りを想定した。

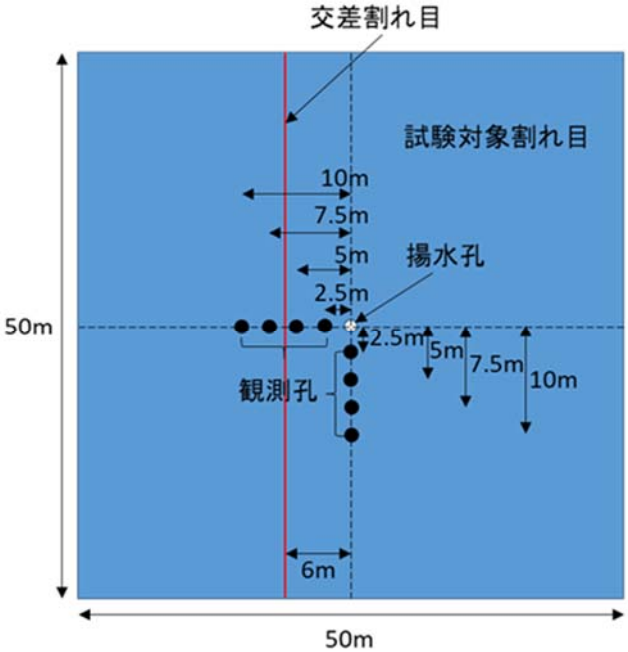

図１　解析モデル

定常状態、非定常状態の両方の解析を実施したが、Jacob(1952)の方法等の非定常状態の理論解による解析では透水量係数の算定に人為的な要素が加わるため、ここでは、以下に示す定常状態の揚水試験の理論解により透水量係数を算出した。

$$T=\frac{2.3Q}{2\pi\left(h_1-h_2\right)}\log_{10}\left(r_1/r_2\right)$$

ここで、T は割れ目の透水量係数、Q は揚水流量、h_i は揚水孔からの距離 r_i 離れた観測孔における水位である。

解析には電中研が開発した地下水流動・核種移行解析コード Fegm[2)]を使用した。

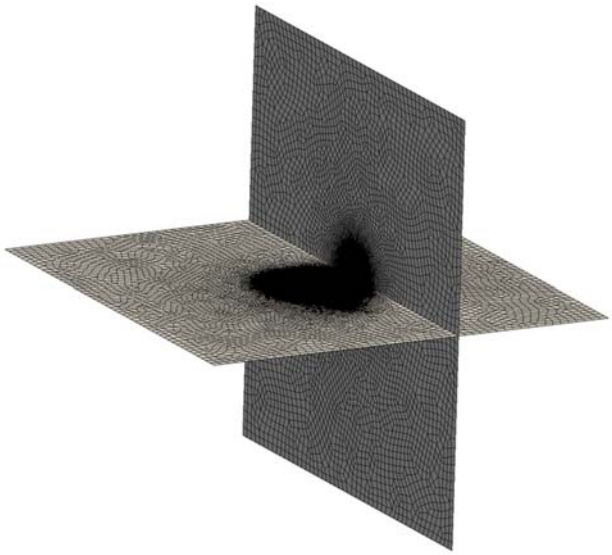

図２　有限要素メッシュ

３．解析結果

解析結果の一覧を表 1 に示す。

交差割れ目の透水量係数が試験対象割れ目の 10 倍の 1×10^{-6} m^2/sec の場合、交差割れ目に直交する方向の観測孔では、交差割れ目より揚水孔側にある 2.5 m と 5 m の位置の観測孔の水位からは透水量係数が 27 %過小評価されるのに対して、交差割れ目の反対側にある 7.5 m と 10

キーワード　透水試験，透水量係数，岩盤，割れ目，数値解析
連絡先　　〒270-1194　千葉県我孫子市我孫子 1646　（一財）電力中央研究所　ＴＥＬ04-7182-1181

m の位置にある観測孔の水位からは透水量係数は 11 倍に過大評価された。一方、交差割れ目に平行な方向の観測孔では、8～45 %過大評価され、その割合は揚水孔から離れた観測孔の水位を用いるほど大きい。

交差割れ目の透水量係数が試験対象割れ目と等しい 1×10^{-7} m^2/sec の場合、交差割れ目に直交する方向の観測孔では、交差割れ目より揚水孔側にある 2.5 m と 5 m の位置の観測孔の水位からは透水量係数が 16 %過小評価されるのに対して、交差割れ目の反対側にある 7.5 m と 10 m の位置にある観測孔の水位からは透水量係数は 2 倍に過大評価された。一方、交差割れ目に平行な方向の観測孔では、4～20 %過大評価され、その割合は揚水孔から離れた観測孔の水位を用いるほど大きい。

交差割れ目の透水量係数が試験対象割れ目の 1/10 である 1×10^{-8} m^2/sec の場合、交差割れ目に直交する方向の観測孔では、3 %の過小評価から 9 %の過大評価に過ぎず、交差割れ目に平行な方向の観測孔ではほとんど設定値と変わらなかった。

４．まとめ

交差割れ目に直交する方向の観測孔では、交差割れ目の反対側にある観測孔の水位からは透水量係数が過大評価されるが、交差割れ目より揚水孔側にある観測孔の水位からは透水量係数が過小評価される。交差割れ目に平行な方向の観測孔では、透水量係数は常に過大評価となり、揚水孔から離れた観測孔の水位を用いるほどその傾向が大きくなる。今後は多数の割れ目が孔間透水試験に与える影響に関して検討を実施する予定である。

参考文献

1) Jacob, C.E. and Lohman, S.W. (1952): Nonsteady flow to a well of constant drawdown in an extensive aquifer, Transaction, American Geophysical Union, Vol.33, No.4, pp.559-569.

2) 河西基、田中靖治、五十嵐敏文(1994)：高レベル廃棄物処分の天然バリア性能評価手法の開発（その 1） -割れ目系岩盤中の地下水流動解析手法-、電力中央研究所 研究報告 U93054.

表１　解析結果一覧

T_c (m^2/s)	観測孔位置	r_1 (m)	h_1 (m)	r_2 (m)	h_2 (m)	T_e (m^2/s)	T_e/T_r (%)
1×10^{-6}	直交	2.5	-3.70	5.0	-1.20	7.35×10^{-8}	73
		2.5	-3.70	7.5	-0.32	8.61×10^{-8}	86
		2.5	-3.70	10.0	-0.24	1.06×10^{-7}	106
		5.0	-1.20	7.5	-0.32	1.22×10^{-7}	122
		5.0	-1.20	10.0	-0.24	1.93×10^{-7}	193
		7.5	-0.32	10.0	-0.24	1.08×10^{-6}	1076
	平行	2.5	-4.24	5.0	-2.54	1.08×10^{-7}	108
		2.5	-4.24	7.5	-1.67	1.13×10^{-7}	113
		2.5	-4.24	10.0	-1.14	1.19×10^{-7}	119
		5.0	-2.54	7.5	-1.67	1.23×10^{-7}	123
		5.0	-2.54	10.0	-1.14	1.31×10^{-7}	131
		7.5	-1.67	10.0	-1.14	1.45×10^{-7}	145
1×10^{-7}	直交	2.5	-4.89	5.0	-2.69	8.35×10^{-8}	84
		2.5	-4.89	7.5	-1.72	9.19×10^{-8}	92
		2.5	-4.89	10.0	-1.33	1.03×10^{-7}	103
		5.0	-2.69	7.5	-1.72	1.11×10^{-7}	111
		5.0	-2.69	10.0	-1.33	1.36×10^{-7}	136
		7.5	-1.72	10.0	-1.33	1.97×10^{-7}	197
	平行	2.5	-5.18	5.0	-3.42	1.04×10^{-7}	104
		2.5	-5.18	7.5	-2.46	1.07×10^{-7}	107
		2.5	-5.18	10.0	-1.82	1.09×10^{-7}	109
		5.0	-3.42	7.5	-2.46	1.11×10^{-7}	111
		5.0	-3.42	10.0	-1.82	1.15×10^{-7}	115
		7.5	-2.46	10.0	-1.82	1.20×10^{-7}	120
1×10^{-8}	直交	2.5	-6.05	5.0	-4.15	9.66×10^{-8}	97
		2.5	-6.05	7.5	-3.09	9.84×10^{-8}	98
		2.5	-6.05	10.0	-2.39	1.00×10^{-7}	100
		5.0	-4.15	7.5	-3.09	1.02×10^{-7}	102
		5.0	-4.15	10.0	-2.39	1.05×10^{-7}	105
		7.5	-3.09	10.0	-2.39	1.09×10^{-7}	109
	平行	2.5	-6.11	5.0	-4.28	1.01×10^{-7}	101
		2.5	-6.11	7.5	-3.22	1.01×10^{-7}	101
		2.5	-6.11	10.0	-2.48	1.01×10^{-7}	101
		5.0	-4.28	7.5	-3.22	1.02×10^{-7}	102
		5.0	-4.28	10.0	-2.48	1.02×10^{-7}	102
		7.5	-3.22	10.0	-2.48	1.03×10^{-7}	103

T_C は交差割れ目の透水量係数、T_e は観測孔 r_1、r_2 の水位低下量 h_1、h_2 から算出した対象割れ目の透水量係数、T_r は対象割れ目の透水量係数設定値 1×10^{-7} m^2/s