

Ⅲ - A259

広域浸透流における断層のモデル化

岩手大学農学部 正 小林 晃
 岩手大学農学部 伊東 幾美
 動燃事業団 藤田 朝雄

1 はじめに

英国セラフィールドにおいて、大規模な揚水試験が行われた。しかし、存在する断層に関して、ボーリングコアからその位置はほぼ確定されているものの、その透水性に関する情報は少ない。ダブルバッカーによる原位置透水試験結果でもコアから同定された断層位置で特徴的な水理特性を見出すことは難しかった。広域浸透流場の評価に当たり、断層が地下水の流れに与える影響を把握することは極めて重要なことである。本論では、地盤統計学のindicator simulation手法を用いて物理探査結果から得られたヤング率を補助データとして透水係数の不均一性を推定した場において、揚水試験のシミュレーションと実測値との比較により、断層の水理特性をパラメータとして、当該地域の広域浸透流場における断層のモデル化について検討した。

2 Indicator simulation手法¹⁾

始めに、indicator simulation 手法について簡単に紹介する。

まず、測定値がない地点の透水係数の確率分布を求めるためにindicator krigingを行う。これは、(1)式で示す様に、実測値のindicator i と補助データのindicator y を線形に組み合わせて推定する手法である。

$$[Prob\{Z(u) \leq z_k(n+n')\}]_{IK} = \lambda_0 F(z_k) + \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}(u; z_k) i(u_{\alpha}; z_k) + \sum_{\alpha=1}^{n'} v_{\alpha}(u; z_k) y(u_{\alpha}; z_k) \quad (1)$$

ここで λ_{α} 、 v_{α} は重み係数、 i は(2)式から求められるindicatorである。

$$i(u_{\alpha}; z) = 1 \quad \text{if } z(u_{\alpha}) \leq z, \quad i(u_{\alpha}; z) = 0 \quad \text{if not} \quad (2)$$

これは、ある透水係数の値 z より測定された透水係数が小さい場合は1そうでないときは0を意味する。この閾となる z の値を複数個設定する。 F はその閾値の平均値で λ_0 はその重み係数である。 y は(3)式から求める。

$$y(u_{\alpha}; z) = Prob\{Z(u_{\alpha}) \leq z \mid \text{local information}\} \in (0,1) \quad (3)$$

y は、補助データであるヤング率から求めたindicatorである。実測したヤング率に対する透水係数の確率分布から閾値以下となる確率を求める。以上のkrigingによって測定値がない所における各閾値以下の確率が推定され、それを合わせることでその地点での確率分布が求められる。そして、乱数でその場所の透水係数を逆に求め、その値を実測値のデータグループに加える。そして、次の測定値がない地点へ移動して同様の作業で透水係数を推定する。従って、乱数の発生のさせ方、及び測定値がない場所の移動順序により複数の不均一場が作成できる。今回の検討では、約25ケースの不均一場を作成し平均値で評価した。

図-1に当該地域の平面図²⁾を示す。図中、●で描かれたボアホールで物理探査のみが行われ、■のボアホールでは、物理探査と透水試験の両方が行われた。この■でのデータを用いて上述のヤング率に対する透水係数の確率分布から閾値以下となる確率を求めた。

3 断層の影響の検討

3.1 解析手順及びモデル

解析手順は以下のようである。

1. ヤング率を補助データとして透水係数をIndicator Simulationで表わす。
2. 断層を平面要素で観測された位置に配置し、その水理特性は均一とする。
3. 断層の透水量係数、および領域の比貯留係数を変えてその影響を考察する。

図-2は図-1のAA'断面である。当該地域では、F201, F203, F2と呼ばれる大きな断層が深さ400m以深で存在している。当該地域では図の中ほどにある黒塗りの地層の上下で地下水の動きは遮断されており、本解析ではこの層以深での挙動を対象としている。図-3は、有限要素メッシュ図である。モデル化した地域は、図-1の正方形で囲まれた区域である。境界条件として側面は水位固定、上面と下面はno flux条件である。断層は平面要素であり、その物性を表-1のように設定した。Case1は断層が無い場合で平面要素はモデルに含まれていない。Case2は測定された全透水係数の平均値を断層に設定したケース、Case3は比貯留係数を小さくしたケース、Case4は断層の透水係数を1オーダー大きくしたケースである。揚水試験はRCF3の揚水地点の水位を固定してシミュレートした。

浸透流、断層、数値解析、不均一性、揚水試験

〒020-01 盛岡市上田3-18-8 TEL/FAX 019-621-6194

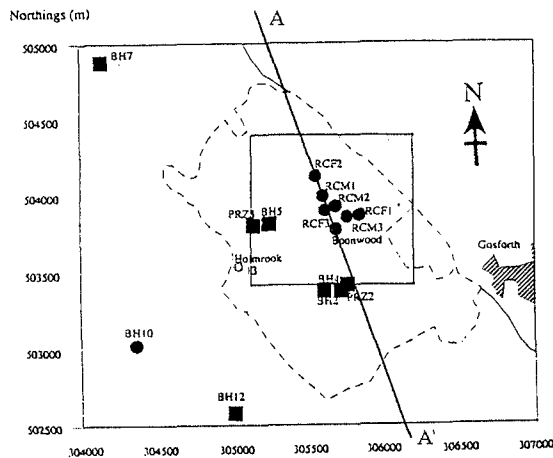


図-1 ボアホール位置と解析領域

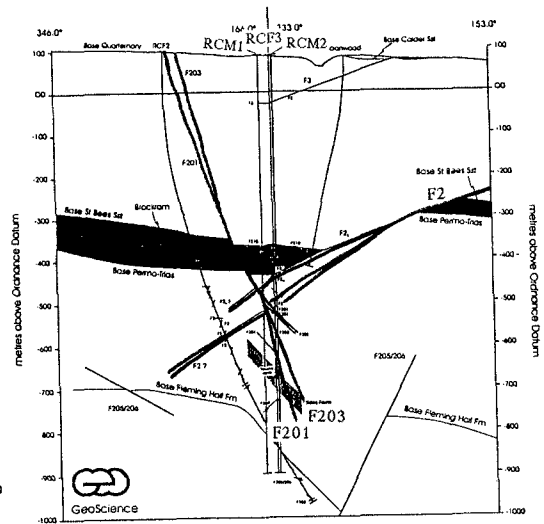


図-2 AA'断面図

3.2 解析結果

表-1にRCF3の揚水区間への流入量の計算値と実測値を示す。Case3は実測値と非常に近い値になっているが、その他のケースは実測値よりも大きな値となっている。また、同表に観測点での最終水位低下量の計算値から実測値を引いた値の平均を示す。低下量は計算値の方がかなり大きくなっていることが分かる。また、観測点における水位低下が5KPaより大きくなった水位低下開始時刻の計算値と実測値の差の平均値も示す。Case3を除いて計算値の方がかなり遅い応答を示している。

4. 考察

Case2,4を比較するとその結果はほぼ同じである。これから断層の透水量係数は当該地域では影響が小さいことが分かる。

しかし、Case1,2を比較す

ると断層を考慮することにより、流入量は大きくなり、低下開始時刻は速くなっている。これは断層を経由する流れが存在し、それが支配的になっていることを意味している。これは、周辺岩盤の透水性のばらつきが大きい

ために、透水性の悪い経路に対して断層がバイパス的な役割を果たしているのであろう。また、比貯留係数也未計測なパラメータであるが、すべての結果に大きく影響を与えている。以上より、当該地域で断層を考慮する際には比貯留係数を主として調整することが重要であることが分かる。

参考文献:1) Clayton V. Deutsch., and Andre G. Journel, 1992, Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford university Press 2) Nirex, 1995, Sellafield geological and hydrogeological investigations, Nirex Report SA/95/002.

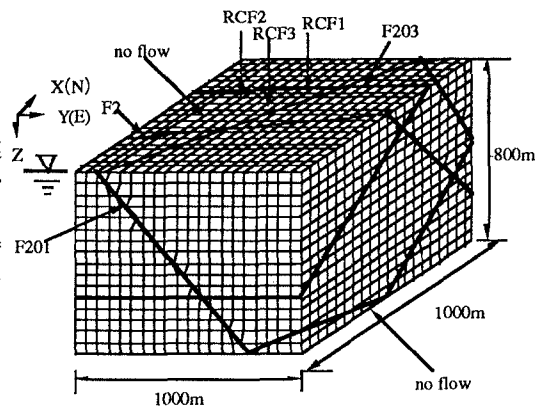


図-3 有限要素メッシュ

表-1 断層ゾーンの水利特性

ケース	亀裂の透水量係数 (m^2/s)	比貯留係数 (m^{-1})	流入量 (l/min)	低下量の差 の平均 (KPa)	開始時刻の差 の平均 (h)
case1	-	4×10^{-5}	1.5	156.0	54.6
case2	10^{-10}	4×10^{-5}	1.75	156.0	28.8
case3	10^{-10}	1×10^{-6}	0.224	377.8	-89.6
case4	10^{-9}	4×10^{-5}	1.75	156.0	28.8
実測値			0.224		