地下流体挙動逆解析における 圧力時間変化率マッチングの信頼性評価

増本 清¹・奥谷 崇史²

¹正会員 島根大学准教授 総合理工学学研究所 (〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060)
masu@riko.shimane-u.ac.jp

²非会員 島根大学学生 総合理工学研究所 (同上)
s170306@matsu.shimane-u.ac.jp

不均質な水理物性分布を推定する逆解析の信頼性評価指標を圧力時間変化率マッチングに拡張した。これを用いて、1次元及び2次元数値実験及び2次元の室内モデル試験データの逆解析結果の信頼性を評価することにより、圧力時間変化率マッチングの有効性を検討した。その結果、圧力時間変化率項の係数を適切に設定することにより、圧力時間変化率を利用した方が逆解析結果の信頼性が高くなることが示された。また、モデル誤差を含む室内実験結果の逆解析に対しても同様の評価を行うことができた。

Key Words: hydraulic property, inversion, pressure change rate matching, credibility evaluation index

1. はじめに

地下水モデル構築の際、シミュレーション結果が計測値を説明できるように、水理特性分布や境界条件などを調整するキャリブレーションが行われる。しかし、モデルが信頼できるものであり、現象を予測して諸問題を解決するという、本来の目的を達成できるモデルになっているかどうかを判定することは容易でない。また、作成されたモデルは、一般的には不足する情報を補う必要から、モデル作成者の主観が入ることが不可避である。そのため、キャリブレーションを少しでも自動的かつ客観的に行うための自動逆解析手法が提案され¹⁾、多くの適用例が存在する^{(例えば2)(3)(4)(5))}。

しかし、逆問題における未知量の設定、評価関数の設定は多様であり、計測形態と解析法の多様性と相俟って、実施した逆解析が適切であったかどうかを判定することは簡単ではない。この問題に対して、逆解析結果の信頼性を評価する方法が検討されている。Masumoto(2008)⁶⁾は、離散化した流動方程式および初期・境界条件からなる一連の方程式を等式制約条件として、観測値を含む(制約式を満たすパラメータと観測値との重み付き残差二乗和からなる)目的関数を最小化する非線形逆問題において、ラグランジアン⁷⁾のヘッセ行列の固有値を調べることににより、逆解析解の妥当性を検討している。その際、多様な計測形態やスムージングによる適切化について簡単な1次元および2次元モデルによる検討を行い、信頼性評価

指標の適用性を検討し、その有効性を示している。また、増本&仲野(2010)⁸⁾では2次元モデルを用いた数値実験により、水理特性分布の推定結果の妥当性と信頼性評価指標とがある程度相関することを示している。

一方、増本ほか(1998)⁹⁾ではハイドロパルス試験を想定した逆解析において、非定常圧力データの時間変化率も併せてマッチングすることにより、計算速度の向上が図られる可能性を示している。これは、圧力時間変化率の差異の大きさからなる項を目的関数に加えることにより、同じ観測情報に対して逆問題をより適切なものに変換できる可能性を示したものと考えられる。

以上を踏まえて本研究では、圧力時間変化率項も加えた目的関数を最小化する不均質水理特性逆解析の推定結果に対して、Masumoto(2008)⁶⁾による信頼性評価指標を計算し、数値実験および2次元室内透気試験データの逆解析結果の妥当性評価を試みた。

これにより、逆解析における非定常圧力データの有効利用法としての時間変化率使用の可能性が示される。

2. 解析法

(1) 順解析法

順解析は、多孔質媒体内流体の流動方程式(1)式および初期条件、境界条件を離散化した連立方程式(2)を解いて、状態量である圧力値を求めることに相当する。ここでは単相流について取り扱う。また、離散化は差分法

(陰解法) を適用した.

$$\nabla \cdot \left\{ \frac{k}{\mu B} \nabla (p + \rho g z) \right\} + q - \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\phi}{B} \right) = 0 \quad (1)$$

ここで, k : 浸透率, μ : 粘性, B : 容積係数, p : 圧力, ρ : 流体密度, g : 重力加速度, z : 高度, q : 単位体積当り流量, ϕ : 間隙率である.

$$R_i^n(\mathbf{p}, \mathbf{u}) = 0 \quad (2)$$

ここで, R : 式(1)左辺を離散化した式, i : 格子番号, n : 時間ステップ, $\mathbf{p}$: 差分格子の圧力, $\mathbf{u}$: 物性値等のベクトル (逆解析における未知量) である.

非線形連立方程式(2)を時間ステップごとに連立してニュートン法により解くことにより順解析が行われる.

(2) 逆解析法

逆解析は, 式(2)を拘束条件として, 式(3)の目的関数を最小化するような未知量 $\mathbf{u}$ を求める拘束条件付き非線形最小問題として逆問題は定式化される.

$$J = J_1 + J_2 + G \quad (3)$$

ただし

$$J_1 = \sum_{j,n} w_j^n (p_j^n - p_{obs,j}^n)^2 \quad (4)$$

$$J_2 = \alpha \sum_{j,n} w_j^n \left(\frac{p_j^n - p_j^{n-1}}{\Delta t} - \frac{p_{obs,j}^n - p_{obs,j}^{n-1}}{\Delta t} \right)^2 \quad (5)$$

$$G = \beta \sum_m (u_{m+} - 2u_m + u_{m-})^2 \quad (6)$$

ここで, p_{obs} : 観測圧力, j : 観測点番号, m : 未知パラメータ番号 (m_+ や m_- は隣接地点のパラメータ番号を表す.) である. また, 式(3)の第2項 (式(5)) が圧力の時間変化率項であり, 第3項 (式(6)) が適切化のためのスムージング項である. α および β は各項の係数であり, 非負の値を与える.

ここでは, 未知パラメータとして, 各差分格子間の浸透率を対数変換したものとした.

上記の非線形最適化問題を解くための逆解析手法としては, 増本(2004)⁹⁾で示されている準ニュートン法を用いた. 準ニュートン法によるアルゴリズムの流れを図-1に示す. 準ニュートン法では, 目的関数を未知パラメータで微分した値 (以下, 勾配とよぶ.) を各反復ごとに求める必要がある. 不均質な浸透率分布を未知パラメータとするため, adjoint法のような高速勾配計算法を適用することが有効である. 次に adjoint法について示す. まず, 定式化された拘束条件付き最小問題に対して, 次式で表わされるラグランジ

図-1 逆解析フローチャート

ュ関数 L を定義する.

$$L = J + \sum_{i,n} \lambda_i^n \cdot R_i^n \quad (7)$$

ここで, λ : ラグランジュ乗数である. ラグランジュ乗数法から, 式(2), 式(8), 式(9)を満たす解が逆解析の解となる.

$$\frac{\partial L}{\partial p_i^n} = \frac{\partial J}{\partial p_i^n} + \sum_{s,t} \lambda_t^s \cdot \frac{\partial R_t^s}{\partial p_i^n} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial u_m} = \frac{\partial J}{\partial u_m} + \sum_{s,t} \lambda_t^s \cdot \frac{\partial R_t^s}{\partial u_m} = 0 \quad (9)$$

式(2)で得られた圧力値を用いて随伴方程式(8)を解くことによりラグランジュ乗数 λ が得られる. この随伴方程式の計算は線形方程式となるため, 順解析が線形の場合は同程度の計算量であり, 順解析が非線形の場合は反復計算が無い分だけ少ない計算量となり, 順解析と同程度以下の計算量で行うことができる. 次に得られた圧力値とラグランジュ乗数を用いて, 式(9)から未知量の勾配が計算される. この計算量は順解析に比べて無視できるほど小さい. このようにして adjoint法では未知パラメータ数に関わらず順解析2回程度以下の計算量で勾配が求められる. 得られた勾配は準ニュートン法の各反復で未知パラメータの更新に使用される. 準ニュートン法では勾配が十分小さくなるまで反復を繰り返すことにより未知パラメータが求められる.

(3) 逆解析の信頼性評価指標

Masumoto(2008)⁹⁾では、式(7)のラグランジュ関数 L のヘッセ行列の固有値を用いた信頼性評価指標を提案している。以下、その概要を示す。この信頼性評価指標により、逆解析結果の適切性を評価できると考えられる。

順解析で得られた圧力値と随伴方程式を解いて得られたラグランジュ乗数を用いて、ラグランジュ関数のヘッセ行列(式(10))を計算することができる。

$$\nabla^2 L = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{p}^2} & \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{p} \partial \mathbf{u}} & \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{p} \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{u} \partial \mathbf{p}} & \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{u}^2} & \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{u} \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 L}{\partial \lambda \partial \mathbf{p}} & \frac{\partial^2 L}{\partial \lambda \partial \mathbf{u}} & \frac{\partial^2 L}{\partial \lambda^2} \end{pmatrix} \quad (10)$$

このヘッセ行列の固有値の計算には、ハウスホルダー法および二分岐法を用いた。

このヘッセ行列は正方行列になり、行列の正の固有値数が制約条件式数と未知パラメータの総数の和と等しくなるとき、得られた解が(一意性をもつ意味で)適切であるといえる。また、制約条件式の個数と同じ個数の負の固有値をもつことが示される。ヘッセ行列の正の固有値の欠落数を NL とすると、式(11)のように表せる。

$$NL = Nc + Nm - Ne \quad (11)$$

ここで、 Nc : 制約条件式(式(2))の個数、 Nm : 未知パラメータの個数、 Ne : L のヘッセ行列の正の固有値数である。

逆解析の信頼性評価の指標 E 値(Masumoto(2008)⁹⁾は、 L のヘッセ行列の正の固有値の最大値 $e_{\max}$ および最小値 $e_{\min}$ および欠落数 NL を用いて、式(12)のように表される。

$$E = \frac{e_{\min}}{e_{\max}} - NL \quad (12)$$

ただし、正の固有値が欠落する場合は $e_{\min}$ は0とする。式(12)の第一項はいわゆる条件数の逆数と同様の意味をもち、解の安定性を評価できると考えられる。前述したように、式(12)の第二項の欠落数 NL は解の一意性を評価するものであり、 $-NL$ が小さいほど情報不足あるいは未知量過多であることがわかる。これらを足し合わせた式(12)の E は逆解析解の適切性(安定性および一意性)を評価する指標として使用できると考えられる。なお、 $NL=0$ のときは $e_{\min}>0$ 、 $NL \neq 0$ のときは $e_{\min}=0$ となるので、第一項が実数値で第二項が整数値であっても、解の適切性を連続的に相対評価する上で不都合はない。すなわち、 E が大きいほど、逆解析結果はより適切であり信

図-2 1次元数値実験の格子モデル

図-3 2次元数値実験の格子モデル

図-4 数値実験の時間当たり注入流量

図-5 2次元数値モデルの格子間浸透率分布
(隣接セルの中心を両端とする細長いダイヤモンド形とその色により、浸透率の方向と大きさを表す。)

図-6 1次元数値逆解析の信頼性評価指標 E

図-8 2次元数値実験 ($\beta=0.1$) の信頼性評価指標 E

図-7 2次元数値実験 ($\beta=0.01$) の信頼性評価指標 E

図-9 2次元数値モデルの逆解析結果

信頼性が高いことになる。また、適切性のもう一つの要件である解の存在は、二乗和の最小問題として定式化された時点で保証されているので評価する必要はない。

3. 数値モデルの逆解析と信頼性評価

(1) 数値実験の方法

本研究では、Masumoto(2008)⁹と同様の簡単な1次元モデル(図-2)および2次元モデル(図-3)による数値実験により、圧力時間変化率項を目的関数に付加した場合の効果を検討した。図-2および図-3中の黒丸は観測点を表す。試験形態はMasumoto(2008)⁹にならって、各観

測点を注入点として使用することとした。今回は、注入流量のパターンは図-4に示す形で固定して行った。

逆解析数値実験を行うために、まず正解値となる浸透率分布を与えて順解析を行い、逆解析数値実験のための観測情報を作成する。これを用いて、浸透率分布を未知として逆解析を実施し、逆解析結果から前述の方法により信頼性評価指標を計算した。図-5に2次元数値実験モデルの浸透率分布を示す(図では、隣接セルの中心を両端とする細長いダイヤモンド形とその色により、浸透率の方向と大きさを表している)。なお、1次元数値実験モデルは均質とした。各セル間における浸透率を互いに独立の未知パラメータとした。したがって、未知パラメータ数は、1次元モデルでは4個、2次元モデルでは84個となる。

また、式(5)、(6)における α および β を様々に変えて、逆解析結果の信頼性評価指標 E がどのように変化する

図-10 エアパルステスト室内実験装置概念図

かを調べた。具体的には、1次元数値実験モデルでは α は0および $10^{-11} \sim 10^{-8}$ 、 β は0のみ（スムージング無し）とし、2次元数値実験モデルでは α は0および $10^{-15} \sim 10^{-5}$ 、 β は0.1および0.01とした。

(2) 数値実験の結果および考察

図-6に1次元数値実験で得られた各逆解析結果に対する信頼性評価指標を示す。図-6のように α が 10^{-9} のとき信頼性評価指標 E 値が最大となり、最大値は 1.336×10^4 であった。なお、 α が0のときは信頼性評価指標 E 値は 2.071×10^5 となり、 α が 10^{-11} のときと同程度の小さな値となった。これより、 α を適切に設定することにより圧力時間変化率項を使用することが効果的になることが示唆される。

次に、図-7、8に2次元数値実験で得られた各逆解析結果に対する信頼性評価指標を各 β に対して示す。 β が0.01のときは、図-7のように α が 10^{-11} のときに信頼性評価指標 E 値は最大値 5.956×10^3 となった。なお、 β が0.01で、 α が0のときは信頼性評価指標 E 値は 5.950×10^3 となり、 α が 10^{-15} のときとほぼ同じ値となった。これは、 α が 10^{-15} 以下のとき、圧力時間変化率項がほぼ無視されていることを示すと考えられる。一方、 α が 10^{-9} 以上になると急激に E 値が減少している。これは、圧力時間変化率は浸透率の不均質性に関する情報をもつが、圧力値は浸透率の平均的な値に関する情報をもっているため、 α が大きすぎると圧力残差項が数値誤差以下となり、平均的な浸透率に関する情報が急激に失われることが原因と考えられる。

また、 β が0.1のときは、図-8のように α が 10^{-9} のときに信頼性評価指標 E 値は最大値 3.508×10^3 となり、明瞭なピークを示すことがわかる。なお、 β が0.1で、 α が0のときは信頼性評価指標 E 値は 2.938×10^3 となり、 α が 10^{-15} のときとほぼ同じ値となった。この場合も図-7同様、 α が 10^{-15} 以下では圧力時間変化率項がほぼ無視されてい

図-11 砂岩平板供試体概略図

図-12 室内実験補正前圧入流量

ると考えられる。同様に、 α が 10^{-8} 以上で E 値が急減しており、大きすぎる α に対して圧力残差項の情報が失われていると推察される。

一例として、 β が0.1、 α が 10^{-9} のときの浸透率推定結果を図-9に示す。図-5と比較すると、モデルの低透水ゾーンをある程度再現できていることがわかる。

これらの数値実験結果より、いずれの場合も、 α を0とした場合よりも信頼性評価指標 E の値が高くなる場合がある。したがって、圧力の時間変化率を目的関数に加えることにより、非定常データをより有効利用できることが示唆される。ただし、適切に α 値を設定しなければ効果がなくなる恐れがある。なお、これらの数値実験では、いずれの場合も正の固有値の欠落数は生じなかった。このことは、これらの数値実験が、未知パラメータに対して十分な観測情報量があり、問題が一意性に関して適切であったことを示すと考えられる。

4. 室内試験データの逆解析と信頼性評価

ここでは、空気を注入するエアパルステスト室内実験データを使用した例を示す。実験方法は増本&永井(2005)¹⁰⁾と同様である。

図-13 室内実験供試体の差分格子モデル

図-14 室内実験データの逆解析結果の信頼性評価指標 E

(1) 実験法の概要

まず、実験法の概要を示す。エアパルステスト室内実験装置および砂岩平板からなる供試体の概念図を図-10, 11 に示す。実験装置本体は、アクリル板にはさまれた砂岩平板からなる。砂岩平板の上面および下面はエポキシ系樹脂を塗り空気が漏れないようにしてある。用いた供試体は島根県出雲市河下町産の砂岩である。これを $24\text{cm} \times 24\text{cm} \times 3\text{cm}$ に整形し、4 隅から縦、横それぞれ 8cm の位置に直径 5mm の孔を 4 か所 (A,B,C,D) 空けてある。B,D 側境界はエポキシ系樹脂を塗り密閉した。砂岩平板の上下面の同か所に孔を開けたアクリル板を固定し、上側のアクリル板に圧力変換器を取り付けた。実験時には下側から空気を圧入する。空気を圧入しない 3 孔には閉塞バルブを取り付けた。

実験では、一定流量に制御した空気の圧入停止の繰り返しをコックを使って操作し、各観測孔における非定常の応答圧力を計測する。各孔から図-12 に示す圧入流量パターンで 4 回のパルステストを順次実施する。解析では観測孔等の形状を考慮して補正した流量を用いた。各パルステストとも 1110 秒までのデータを解析に使用した。

(2) 実験データの逆解析数値モデル設定

砂岩平板の差分格子モデルを図-13 に示す。B, D 孔

図-15 室内実験データの浸透率逆解析結果 ($\alpha=0$ の場合)

図-16 室内実験データの浸透率逆解析結果 ($\alpha=10^{-8}$ の場合)

図-17 室内実験データの浸透率逆解析結果
($\alpha=10^{-6}$ の場合)

側の側面(図-13の右側面)は閉境界とし、その他の3側面はダミーセルを外側に設けることにより定圧境界とした。逆解析の未知パラメータは互いに独立な253個のセル間浸透率(ダミーセル間は除く)とした。1回のパルステストの時間ステップ数を20とし、圧力変動が大きい時間帯の時間ステップ間隔を相対的に短くした。未知パラメータの初期推定値は0.5md均一とした。また、岩石部分の間隙率を0.2とした。目的関数における係数 α を0および $10^{-14} \sim 10^{-4}$ と変化させて数値逆解析を実施した。なお、係数 β は0.01に固定した。

(3) 実験データの逆解析と信頼性評価の結果と考察

図-14にエアパルステスト室内実験データを用いた逆解析結果に対する信頼性評価指標 E の計算結果を示す。図-14に示すように、 α が 10^{-8} のときに信頼性評価指標 E 値は最大値-14であった。なお、 α が0のときの信頼性評価指標 E 値は-15となり、 α が 10^{-14} のときと同じ値になった。これは最大値-14より小さい値である。これより、 α を適切に設定することにより圧力時間変化率項を使用することが効果的になることが示唆される。ただし、図-14に示されている信頼性評価指標 E 値はすべて負であり、解が適切でない(一意性が無い)ことがわかる。これは、室内実験では観測点が4点に限られたことおよび観測点周辺のセル分割を細かくせざるを得なかったことにより、観測情報量に対して未知パラメータ数が大きくなりすぎたものと考えられる。

しかしながら、信頼性評価指標の値はすべて負になったものの、数値実験結果(図-6, 7, 8)と同様の次の傾向がみられた。

図-18 室内実験データの圧力時間変化率の
マッチング状況 ($\alpha=10^{-8}$ の場合. A点)

図-19 室内実験データの圧力時間変化率の
マッチング状況 ($\alpha=10^{-8}$ の場合. B点)

- ・圧力時間変化率項を使用した方が、しない場合よりも高い信頼性評価指標を示す場合がある。

- ・ α を変化させたときに信頼性評価指標 E 値が最大点となるピークがある。

- ・ α が大きすぎる場合は信頼性評価指標の値が急減する。

このことから、モデル誤差を含む室内実験の圧力データに対しても数値実験と同様に逆解析結果の信頼性を相対的に評価できる可能性が示された。また、大きすぎる α に対する E 値の減少は、数値実験同様、圧力残差項の情報喪失が原因と考えられる。

次に、室内実験の逆解析結果となる浸透率分布の一部を図-15 ($\alpha=0$)、図-16 ($\alpha=10^{-8}$)、図-17 ($\alpha=10^{-6}$)に示す。これらの図の見方は図-5, 6と同様である。図-15, 図-16に対応する α 値に対する信頼性評価指標はそれぞれ-15と-14であり、大きな違いはない。それに対して、図-17に対応する α 値に対する信頼性評価指標は-42であり、前二者と比べると大幅に小さい値であった。また、

浸透率分布の推定結果を比較すると、図-17 のみ、観測点 A,C の左側の領域における浸透率が縦方向に高い値を示していることがわかる。他の領域は三者とも同様の分布を示していることから、この図-17 の左側の高い浸透率領域は、 α が大きすぎて一意性が失われたために生じた虚像の可能性が考えられる。このことは、信頼性評価指標 E と、逆解析結果の浸透率分布の妥当性の間に相関性がある可能性を示している。これにより、信頼性評価指標 E が、推定された浸透率分布の妥当性を検討するための一助となることが期待される。

また、図-18, 19 に圧力時間変化率の挙動とそのマッチング状況の一例として、A 点で圧入したときの A, B 点の結果を示す。これらをみると圧力時間変化率はある程度良好なマッチング結果を示しているものの、必ずしも十分とはいえないことがわかる。これは、今回の逆解析において、浸透率以外のパラメータをすべて既知として逆解析を実施したため、解析結果には様々なモデル誤差が含まれていることが原因の一つと考えられる。間隙率などの浸透率以外のパラメータについても未知量として扱うなどの対応が今後望まれる。

5. 結論

1 次元・2 次元数値実験および室内実験で得られた非定常圧力データを用いて不均質な浸透率分布の逆解析を行い、信頼性評価指標 E を用いて逆解析結果の信頼性を評価することにより、圧力時間変化率マッチングの有効性を検討した結果、以下の成果を得た。

- 1) 圧力時間変化率項の係数 α を適切に設定することにより、圧力時間変化率を利用した方が逆解析結果の信頼性評価指標 E が高くなることが示された。
- 2) 室内実験で得られた圧力データに対しても、数値実験と同様に、逆解析結果の信頼性を相対的に評価で

きる可能性が示された。

参考文献

- 1) Jacquard, P., and C. Jain : Permeability distribution from field pressure data, *Soc. Pet. Eng. J.* 5(4), pp.281-294, 1965
- 2) Yeh, W. W. G.: Review of parameter identification procedures in ground-water hydrology: the inverse problem. *Water Resour. Res.* 22(2), pp.95-108, 1986.
- 3) 青木一男, 嘉門雅史: 不均質地盤における帯水層定数の同定について, 土木学会論文集 第 382 号/III-7, pp.91-99, 1987.
- 4) 本城勇介, 森嶋章: 地下水浸透流解析モデルのパラメータ推定: 推定の不確実性とその予測への影響, 土木学会論文集 第 400 号/III-10, pp.215-224, 1988.
- 5) 増本清, 細谷真一: 孔間透水試験データの 3 次元非定常逆解析によるグラウト効果判定の試み, 地盤工学シンポジウム論文集, pp.287-294, 2002.
- 6) Masumoto, K.: Credibility evaluation of numerically estimated heterogeneous hydraulic property by eigenvalues of Hessian of Lagrange function for constrained groundwater problem, *ModelCARE2007*, IAHS Publ. 320, pp.58-63, 2008.
- 7) 増本清, 仲野允浩: 地下流動特性逆解析における適切な計測形態とスムージングパラメータの検討, 地盤と建設, Vol.28, No.1, pp.153-160, 2010.
- 8) 増本清, 登坂博行, 小島圭二: 多点非定常圧力とその時間変化率の同時自動マッチングによる岩盤水理特性逆解析—3 次元基本アルゴリズムの開発—, 日本地下水学会誌, Vol.40, No.3, pp.273-287, 1998.
- 9) 増本清: 地下水理逆解析における計算機記憶容量節約アルゴリズム, 応用力学論文集, Vol.7, No.1, pp.191-199, 2004
- 10) 増本清, 永井康介: 室内空気圧入試験データによる不均質水理特性逆解析における境界条件設定の影響. 地盤と建設, Vol.23, No.1, pp.79-84, 2005.
- 11) R. クーラン, D. ヒルベルト (丸山滋弥訳): 数理物理学の方法 (1), 東京図書, 1990.

(2017.6.23 受付)

CREDIBILITY EVALUATION FOR PRESSURE CHANGE RATE MATCHING IN INVERSE GROUNDWATER MODELING

Kiyoshi MASUMOTO and Takafumi OKUYA

Credibility evaluation index of the inverse analysis for heterogeneous hydraulic property was extended for pressure change rate matching. Numerical case study (1-d and 2-d model) and 2-d model laboratory test data were used to check the validity of the credibility evaluation index for the pressure change rate matching method. The results show that pressure change rate matching is effective when the coefficient of the pressure change rate term is adequate, and the method can be applied to the inversion for the laboratory test data which may have some model errors.