

III-412

感度を考慮した熱・水・応力連成地盤のパラメーター同定と予測問題への適用について

清水建設(株) ○正会員 石川 明
名古屋大学工学部 正会員 吳 旭
名古屋大学工学部 正会員 市川 康明

1. はじめに

三輪田(1993)らは熱、水、応力の3連成有限要素法¹⁾と拡張カルマンフィルタを組み合わせ、同定-推定問題の定式化を行った。また、その定式化の数値シュミレーションとして、1次元のモデルでのパラメータ同定を行った。しかしこの1次元モデルに関するパラメータ同定では、2つ以上のパラメータを同定しようとする場合、特に透水係数と熱伝導率を同時に同定しようとする場合には、その同定精度がかなり悪くなる傾向があった。この原因として、温度、変位、水頭の観測点が1点しかなかったこと、それぞれの観測点配置も感度を考慮したものではなかったこと、などの理由が考えられる。今回の解析は上記の結果を考慮し解析モデルを2次元に拡張して、それぞれのパラメータに対して感度解析を行なう。そして最適な観測節点で計測を行うことによって、透水係数 k と熱伝導率 λ も十分な精度で同定できることを示す。一方、将来の温度や水頭を予測することは、将来的な有害物質の拡散などを推定するためにも非常に重要になってくる。そこで、予測問題への適用も考えてみる。なお、拡張カルマンフィルタを用いた逆解析の定式化およびそのアルゴリズムは文献²⁾を参照されたい。

2. 感度を考慮した数値解析³⁾

本解析では、2次元の熱弾性圧密問題(図1)を対象としFEM順解析の出力を模擬観測データとして、同定解析を行った。解析では、熱伝導率の温度 T_k に対する式(1.1)の感度係数ノルムを使って感度分布図を作り、いろいろな感度をもつ2つの温度観測点の組合せを6パターン解析して、その収束性の比較を行った。その際、水頭の観測点は節点17と節点19に固定した。ここに、熱伝導率の温度 $T_k(t)$ に対する感度係数ノルムは

$$\sqrt{\left(\frac{\partial T_k(t)}{\partial \lambda} \cdot \frac{\partial T_k(t)}{\partial \lambda} \right)} \quad (1.1)$$

となる。

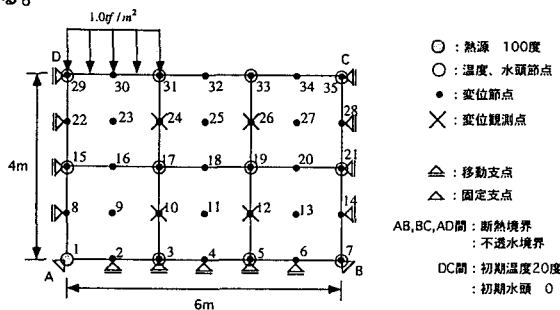


図-1 解析モデル

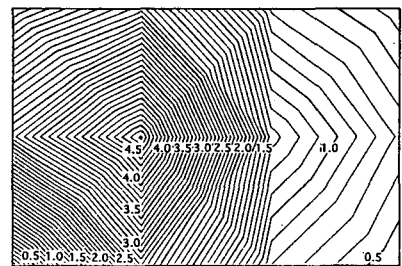


図-2 感度分布図

節点17が感度影響曲線の等高線の頂上となっており、この節点を観測節点とすることがよい精度で同定解析する上で重要であると考えられる。それぞれのパターンで、熱伝導率と透水係数の同定結果を図3に示す。

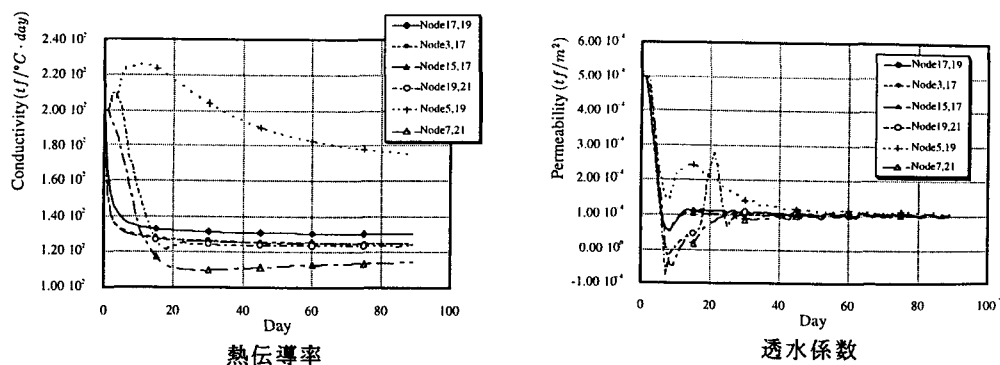


図-3 熱伝導率と透水係数の同定結果

3. 予測問題への適用

カルマンフィルタを用いた予測問題とは、ある期間までデータを観測して、未知パラメータを同定した後、その同定したパラメータを用いてその後の期間の状態量を予測することである。今回は10日間、30日間観測したデータをもとに90日間までの水頭と温度の予測計算を行った。予測結果を図4に示す。

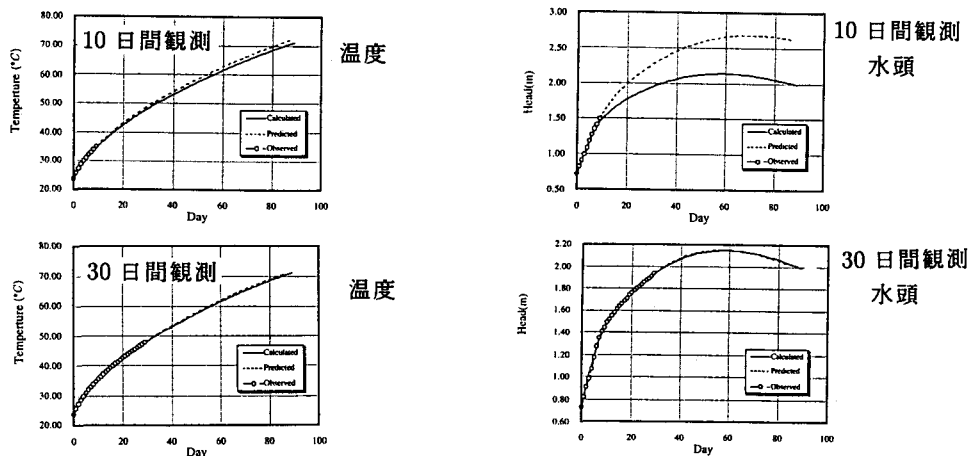


図-4 熱と水頭の予測結果（節点 17）

4. 考察

未知パラメータの同定解析では、熱伝導率の温度に関する感度の高い節点17を含んだ観測節点をとった場合に、熱伝導率のみならず透水係数の収束の精度や収束に至る速度においてもよい同定結果が見られた。ただ、今回の解析ではコンピュータの性能上6要素で計算したが、今後はもう少し細かいメッシュで分布図を作る必要がある。一方、予測解析では10日間観測したデータをもとに予測解析を行った場合、温度の予測値が順解析の結果と離れたものになっていることがわかる。これは、熱伝導係数が真値に収束する前に予測解析を始めたせいだと考えられる。熱伝導係数、透水係数が真値に収束したのちに、予測解析をした場合（30日間観測）は温度、水頭共に精度よく予測できている。

5. 参考文献

- 1) 高田渉太郎:混合体理論による地盤内の熱、水、応力連成挙動に関する基礎的研究, 名古屋大学修士論文, 1992.
- 2) 呉 旭・三輪田義博・市川康明:カルマンフィルタによる岩盤の熱・水・変形挙動の逆解析について, 第9回岩の力学国内シンポジウム論文集, PP.379-382., 1994.
- 3) 村上章・長谷川高士:カルマンフィルタ有限要素法による逆解析と観測節点配置, 土木学会論文集, 第388号/III-8, pp.227-235, 1987.