

2. 逆解析の分類と定義

佐藤 忠 信 (さとう ただのぶ)

京都大学教授 防災研究所耐震基礎部門

2. 逆解析の分類と定義

逆解析は土木工学、機械工学、電気工学、宇宙航空工学、地盤探査、医療などのさまざまな分野で注目を浴びるようになってきている。逆解析の理論的な研究は古くから行われていたが、計算量が膨大なものになるので、実際の問題に適用されるようになったのは、計算機の能力が飛躍的に発達した近年のことである。

逆解析の一般的な定義は確定しているわけではないが、ここでは順解析との対比に基づいて定義することにする¹⁾。地盤工学の問題のみならず工学の問題では、対象とする系の物理モデルが構成できれば、その応答を推定することが可能である。これを順解析と呼んでいるが、このために必要な情報としては次のようなものが考えられる：(a)対象としている領域と境界の形状と位置、(b)物理量に関する支配方程式、(c)物理量に関する境界条件および初期条件、(c)系に作用する負荷、(d)系を構成している材料の力学特性とその分布特性。これらのいずれかが欠落している場合には、順解析を行うことはできなくなるので、そのすべてを逆解析の範疇に含めることができる。ここでは単純に考えて、系の応答である出力より系の内部状態や入力を推定しようとする方法を総称して、逆解析と言うことにする。

結果として²⁾、(A)領域や境界の形状を求める問題、(B)場の支配方程式を求める問題、(C)境界条件あるいは初期条件を求める問題、(D)場に作用している外力を求める問題、(E)場の材料特性を推定する問題、の5ケースとその組み合わせの逆解析が考えられることになる。こうした逆の解析では未知情報があるために、そのままでは解析を行うことができない。逆解析では、順解析で推定値として求められた系の応答値が観測され、未知量を推定するための情報として与えられることになる。観測値として与えられるものは、境界上、領域内の特定点、特定時刻における系の応答値ならびにそれらの組み合わせである。

地盤工学における静的な問題に対してこれまで行われてきた逆解析の研究の多くは(C)、(D)、(E)の問題に関連したものであるが、解析のために用いられている手

法によって、確率論的な方法と確定論的な方法に分けて議論されることが多い³⁾。また、決定しようとしている未知量と観測値の関係が線形関係で表現できるか否かによって直接定式化法と間接定式化法に分類されることもある⁴⁾。直接定式化の場合には、逆解析の解は未知量の二次形式で表現される評価関数を最小化することにより求められるので、逆解析で問題となる解の存在や一意性、解の構成法や安定性などが、線形代数の知識で一般的に議論できるので、見通しの良い理論展開が可能である。これには観測された変位を用いて、対象としている場のひずみを同定することによりトンネルの変形挙動を予測した研究^{5),6)}や自己回帰過程を用いて圧密沈下の予測式を構成し、その回帰係数を同定した研究^{7),8)}などがある。しかし、観測値と未知量の関係式を線形の形式で表現できることはまれであり、一般的には非線形の関係となるので、こうした問題を解くためには非線形最適化手法の知識が不可欠である⁹⁾。

参 考 文 献

- 1) 岡本良夫：逆問題とその解き方，オーム社，1993。
- 2) 久保司郎：逆問題，培風館，1992。
- 3) Gioda G.: Some remarks on back analysis and characterization problems in geomechanics, Proceedings 5th International Conference on Numerical Method in Geomechanics, Vol. 1, pp. 49~61, 1985.
- 4) Yeh W. W.-G.: Review of parameter identification procedures in groundwater hydrology, the inverse problem, Water Resour. Res., Vol. 22, No. 2, pp. 95~108, 1986.
- 5) 桜井春輔・武内邦文：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析，土木学会論文報告集，第337号，pp. 137~145, 1983.
- 6) 桜井春輔・谷河正也：岩盤の不連続面の影響を考慮した大規模地下空洞の変位計測結果の逆解析，土木学会論文集，第403号，pp. 75~84, 1989.
- 7) Asaoka A. and M. Matsuo: An inverse problem approach to settlement prediction, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 4, pp. 53~66, 1980.
- 8) Asaoka A. and M. Matsuo: Inverse problem approach to the prediction of multi-dimensional consolidation behaviour, Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, pp. 49~62, 1984.
- 9) Fletcher R.: Practical methods of optimization, Second Edition, John Wiley, 1987.