

Wavelet 変換の損傷テンソル同定解析への適用

ウェーブレット変換は、フーリエ変換における正弦波、余弦波のように、ウェーブレット独自の基底関数を使用した線形変換である。あるデータにウェーブレット変換を行うと、ウェーブレットスペクトラム（行列の場合は1行1列成分近傍）に元のデータの特徴が集約されるという性質がある。この性質を利用して、特徴のある卓越したデータだけを残す圧縮方法が提案されている。長方形型の2次元データに対してウェーブレット変換によるデータ圧縮を適用することにより、元の長方形型のデータに対して近似逆行列を求めることが可能となる。

本研究は、ウェーブレット変換による近似逆行列導出方法を不連続性岩盤に対する損傷場の同定解析に応用して、変位の観測値から逆に損傷テンソルを推定することを試みたものである。損傷テンソルとは、岩盤内に存在する節理等の中間規模の不連続面を定量的に評価するために取り入れる2階の対称テンソルのことであり、損傷テンソルを定量化することによって不連続性岩盤の力学挙動を連続体力学の枠内で取り扱うことができるようになる。

同定解析において、未知パラメータ数が観測変位の数より少ない場合には、最小二乗法を適用することにより解析可能であるが、逆に、損傷テンソルの方が観測変位の数よりも多い場合は、不適切な問題となり解を求めることが困難となる。そこで、本研究では同定解析における係数行列にウェーブレット変換を用いた近似逆行列の導出法を適用し、観測変位の方が少ない系、多い系、観測変位の数と未知パラメータの数が等しい系のそれぞれにおいて、同定解析が可能となる手法を提案する。

提案手法を用いて、順解析によって得られた変位から損傷テンソルを同定する数値シミュレーションを行った。岩盤掘削モデルを対象として、ウェーブレット変換に用いる基底関数の次数、データ圧縮のサイズが計算精度に与える影響について検討した結果、良い精度の同定値を得るためには、高次の基底関数を用い、圧縮は行わない方が良いということがわかった。未知パラメータのほう観測値よりも多い系については、不適切な系にもかかわらず誤差が30%程度以内に収まり比較的良好な結果が得られた。また、観測値と未知パラメータの数が等しい系について、ウェーブレット変換による方法と最小二乗法に基づく同定解析手法の比較を行った結果、ウェーブレット変換の方が精度良い同定値が得られ、本手法が不連続性岩盤に対する変形予測解析の一手法となり得ることが示された。

今後は、対象モデルに対する最適な観測点配置の設定方法、基底関数と圧縮率が計算精度に与える影響についての詳細な検討が必要となる。