

第III部門

磁歪法を用いたロックボルトの軸力推定法

神戸大学院自然科学研究科
 神戸大学院自然科学研究科
 神戸大学院自然科学研究科
 神戸大学工学部

学生員 ○有村 有紀
 学生員 志村 常彰
 学生員 大井 健史
 正会員 芥川 真一

1. 本研究の目的

磁気を用いて非破壊で応力を測定する方法(磁歪式応力測定法(以下, 磁歪法))^{1), 2)} は鋼部材などの強磁性体に対してのみ有効なものであるが, それに用いる装置はポータブルで測定時間が短く, 簡便である.

本研究では, 磁歪法の岩盤支保構造物への適用としてロックボルトの軸力測定を試みた. 測定が容易であるフェースプレートを利用し, そこからロックボルトの軸力を推定出来ないかと考えた. そこでまず, フェースプレートにロックボルトの軸力を想定した载荷実験を行い, 磁歪法を用いてその応力状態を測定した.

同時に, 汎用有限要素解析ソフト ABAQUS/Standard を用いて解析を行い, 磁歪法による計測結果との比較を行った. 最後に, 得られたフェースプレートの応力情報からロックボルトの軸力を簡便に評価する方法を提案する.

2. 実験概要

用意したフェースプレートは長さ, 幅ともに 150mm の正方形形状である. 厚さ 9mm, ボルト穴の直径は 27mm である. 材質は SS400 である. 支点は各隅から 10mm にとり, 四点支持とする. 試験片中心に軸力を想定して 1tf まで载荷を行う.

磁歪測定位置は図-1 に示すように, 一辺のラインでの応力分布を知るために計測パターン A と, 中央部の測定位置を細部にとった計測パターン B を用意した. なお, A-1 列, A-2 列, B-1 列, 及び B-2 列の磁歪計測における x 方向, y 方向は図-1 中に示す通りである.

また, 磁歪測定の終了後, 試験片の上面 8 個所に 2 軸のひずみゲージを貼り付け, 磁歪法の計測結果との比較を行った.

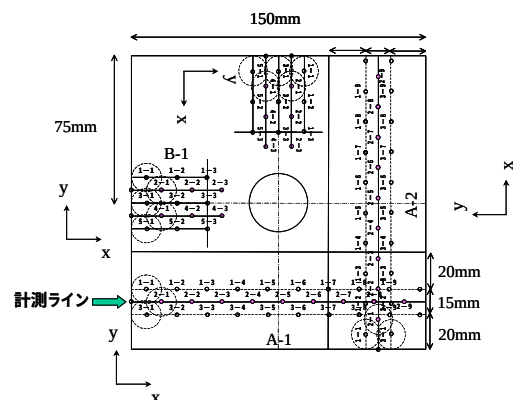


図-1 測定位置

3. 実験結果と考察

ABAQUS による解析結果と, ひずみゲージの出力値から求まる応力は無载荷時を 0MPa としているので, 1tf 载荷時から無载荷時の差分をとって比較を行う. 結果を図-2 に示す. A-1, A-2 と共通して x 軸方向には中心で圧縮応力が, y 軸方向には中心で引張応力が確認された. また, 解析結果, 磁歪計測結果, ひずみゲージ結果とも同様の傾向が見られた. しかし, その値には大きな差がある.

またここで, 今回の実験時に使用した磁歪測定器の出力電圧値が, 一定の幅をもってふらつくという不具合が生じていたために, その誤差が結果に影響している可能性も考えられる. またせん断応力差積分法³⁾の適用によりその誤差が蓄積したことも考えられる.

解析結果とひずみゲージの結果が異なったことについても問題であり, x 軸方向では解析結果は磁歪測定値とは近いが, 中央位置での結果は約 2 倍の差がある. y 軸方向では, 磁歪測定結果とひずみゲージからは

中央位置 75mm 付近では引張応力が作用しているが、解析結果ではどの位置でも圧縮応力しか作用していない。解析では、フェースプレートを完全に均一な材料特性を持つ鋼材であると仮定し、それが完全弾性体として挙動しているとしている。ここで見られるようなひずみゲージによる計測結果と有限要素解析結果の相違はその前提が保障できない可能性を示唆するものであるが、今回の実験結果から直接その原因を解明することはできない。この点は今後の検討課題である。

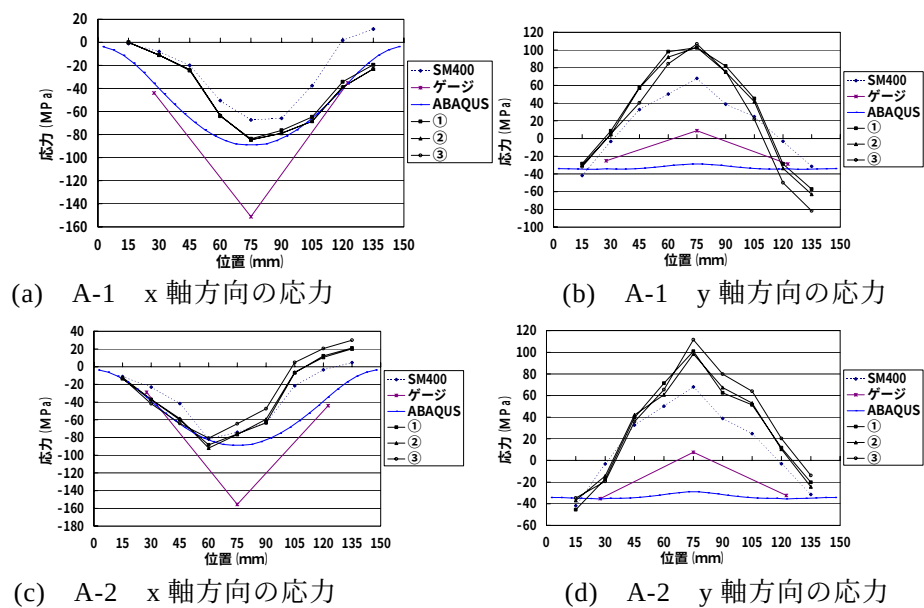


図-2 結果の比較

4. 作用荷重推定法

載荷荷重と主応力差の関係図を図-3 に示す。図中は計測位置 B-1 の 3-1 での磁歪装置の結果とそれと対応した位置での解析結果である。前述のように磁歪装置の不具合より主応力差の値は解析結果と異なるが、例えば計測位置 B-1 の 3-1 で磁歪計測を行い、主応力差 120MPa と計測された場合、そこから軸力が 0.5tf と推定することが出来る。このような関係性を利用すれば、フェースプレートに磁歪法から得られる主応力差としての生データを用いてロックボルトの軸力を推定することが可能と考えられるが、その他のフェースプレートにおいても同様の傾向を示すか、今後さらなる検討が必要である。

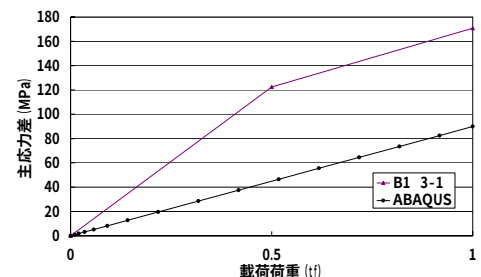


図-3 載荷荷重と主応力差の関係

5. まとめ

今回の実験では磁歪法を用いてフェースプレートの応力状態を調べ、ロックボルトの軸力推定に利用することを目的とした。その結果、フェースプレートの残留応力分布が想像以上に複雑であることがわかった。それは今回用いた試験片特有のものなのか、フェースプレート固有の特徴であるのかは、検証の必要がある。

また、今回は基礎実験であるため 4 点支持での載荷という非常にシンプルな条件であったが、実際現場での支持条件は複雑であり、磁歪法を用いる場合は、被測定物の応力履歴や応力感度を知る必要がある。

最後に、今回の実験の様に作用する力の向きが明確な場合においては、磁歪装置から得られる生データである主応力差を利用することが出来る。よって今後、主応力差の有効な利用法が望まれる。

参考文献

- 1) 境 禎明, 清水謙司, 小川安雄, 塩川征夫: 磁気異方性を利用した鋼管自動応力測定システム, センサー技報, 12 巻 8 号, pp.76-81, 1992.
- 2) 安福精一, 磯野敏雄: 磁気プローブによる溶接部残留応力分布の測定, 第 16 回応力・ひずみシンポジウム講演会, 35 巻 11 号, pp.805-810, 1985.
- 3) 鈴木 舞: 磁歪応力測定法の非破壊検査への適用性, 修士論文, 広島大学工学部第四類, 1999.2.