

磁気異方性センサによる曲管近傍の応力測定における測定位置の影響評価

(株)キャプティ (元東京ガス(株) 導管部 幹線 G) * 正員 ○飯村 正一

1. はじめに

曲管に外力が作用すると断面が大きく扁平することから、曲管に接続されている直管（袖管と呼ぶ）も扁平の影響を受ける。本研究では、磁気異方性センサ¹⁾を用いて袖管部に発生している沈下などの外力に対応する応力を、非破壊で精度良く診断することを目的として、袖管が曲管の断面扁平の影響を受ける範囲を特定する実験と、実験を補間する薄肉シェル要素を用いた弾性FEM解析を行った。

2. 実験および解析方法

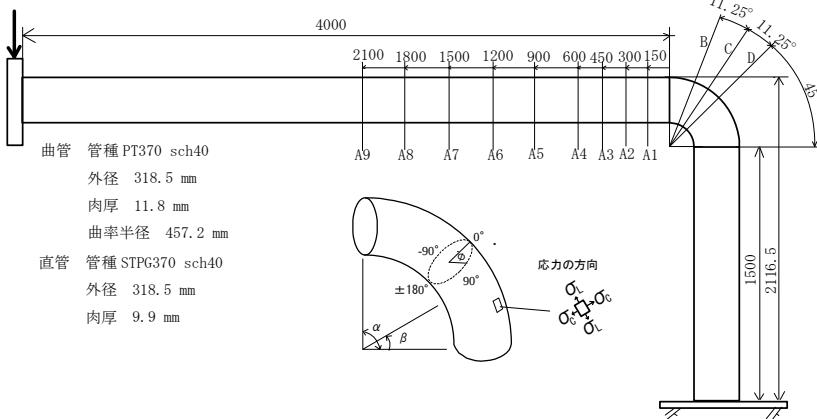


図-1 実験方法

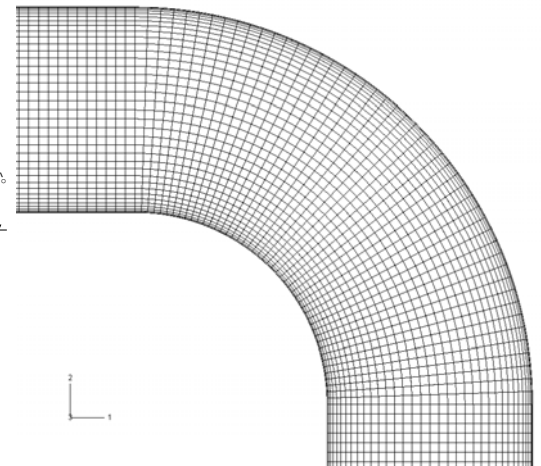


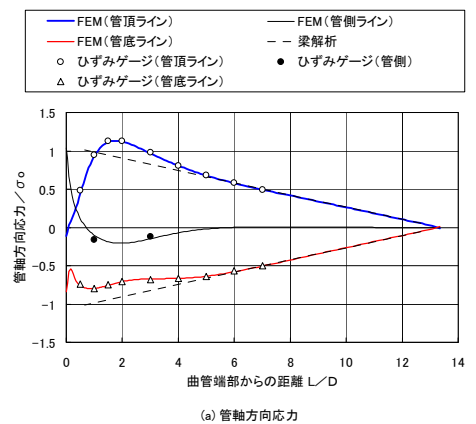
図-2 曲管および近傍のメッシュ分割

口径 300mm, 曲率半径 1.5D (D は呼び径で 300mm) の曲管の両側に 1.5m と 4m の袖管を溶接した供試体において、短い方の袖管を図-1 に示すように床に対して鉛直に固定し、長い方の袖管の端部に上からジャッキ荷重を加えた。応力を把握するために、A2, A5, B 断面には円周方向に 15° ピッチで半周に、C 断面を除いた他の断面には管頂および管底に、2 軸のひずみゲージを貼付した。磁気異方性センサによる主応力差測定は、A2, A5, A8, B, C, D 断面において円周方向に 5° ピッチで全周について行った。薄肉シェル要素を用いた弾性 FEM 解析は、円周方向に 72 要素に分割したフルモデルで行った。図-2 にメッシュ分割モデルを示す。

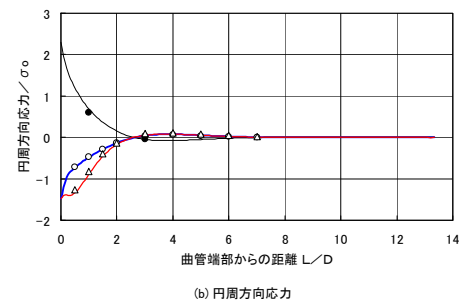
3. 実験および解析結果

(1) 管軸方向に沿った応力分布の実験と解析の比較

図-3 は、曲管端部から荷重点方向に向かっての距離とひずみゲージによる管軸および円周方向応力の関係のグラフに、自重無しで下方向にジャッキ荷重が作用したときの FEM 解析による管軸および円周方向応力をプロットしたものである。縦軸の応力は、曲管中央断面（図-1 の $\beta = 45^\circ$ の断面）における曲げ応力で除して、横軸の距離は呼び径 D で除して、基準化している。また、上図には梁理論で計算した曲げ応力も破線で示している。実験と解析は極めて良い一致が見られ、FEM 解析モデルの妥当性を見ることができる。



(a) 管軸方向応力



(b) 円周方向応力

図-3 管軸方向に沿っての応力の実験と解析の比較

キーワード 曲管, 磁気異方性センサ, 主応力差, NDT, FEM

連絡先 * 〒141-8621 東京都品川区東五反田 5-22-27 iimura@capty.co.jp

(2) 断面内主応力差の分布

の実測と解析の比較

磁気異方性センサを用いた測定では、直交2方向の応力差(主応力差)に対応した電圧値が計測される。そこで、**図-4**の左列には曲管端部から1D, 3D, 6Dの距離における断面内主応力差の分布を、ひずみゲージ(●印)とFEM解析(○印)で比較して示した。また、図にはFEM解析による主応力差の値を余弦関数に回帰した曲線も、太い実線で示した。右列は磁歪測定値とその値の余弦関数に回帰した曲線を示す。図から1Dの断面では曲管断面扁平の影響が残っているが、3Dではほぼ解消されていることが余弦関数とプロット点との乖離の程度から判断できる。

(3) 梁理論が成立する位置

図-5にFEM解析による各断面内最大軸方向応力(□印)と、梁理論による曲げ応力(破線)とを比較して示す。△印は、**図-4**の左列に示したと同様に、FEM解析値(但し、自重考慮)を余弦関数に回帰して、回帰曲線から読み取った断面内最大主応力差を示す。□印と△印が一致し、且つ破線に一致する位置が曲管による断面扁平の影響が解消される位置と見ることができ、ほぼ4Dとなる。

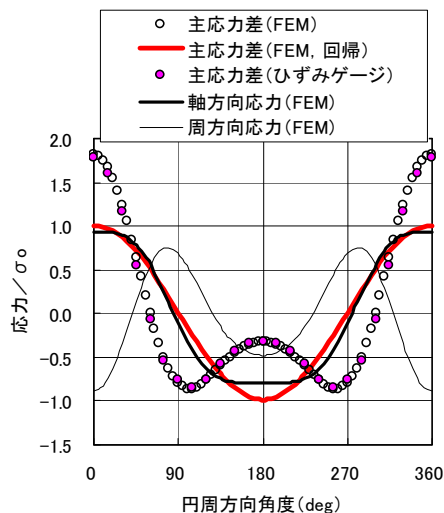
4. おわりに

磁歪計の測定値を、梁に軸力と曲げが作用したときの管表面の応力分布を示す余弦関数の式に回帰し、未定係数としての曲げ応力を求める境らの手法を、曲管近傍における袖管の応力診断に適用する場合、曲管端部から4D以上の離隔が必要であることが分かった。

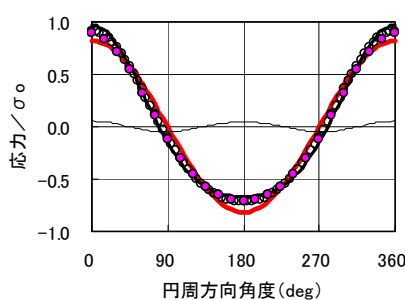
[参考文献]

1) 境禎明, 卯西裕之: 磁気ひずみ法を利用した鋼管の曲げ応力測定・

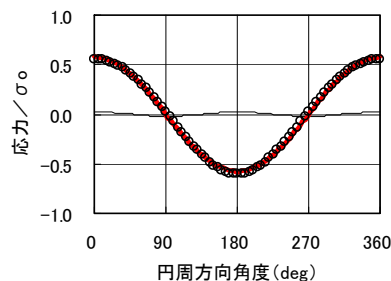
評価技術, 非破壊検査, 53(12), pp. 767-771, 2004.



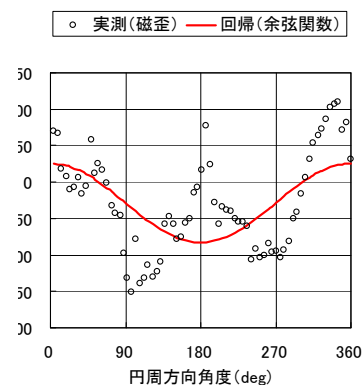
(a) 曲管端部からの距離: 1D



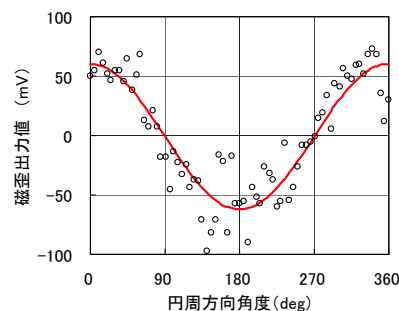
(b) 曲管端部からの距離: 3D



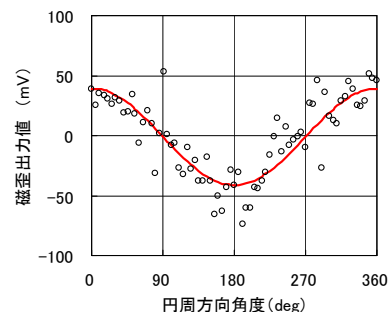
(c) 曲管端部からの距離: 6D



(d) 曲管端部からの距離: 1D



(e) 曲管端部からの距離: 3D



(f) 曲管端部からの距離: 6D

図-4 解析と実測の比較 (左列: FEM とひずみゲージ, 右列: 磁歪)

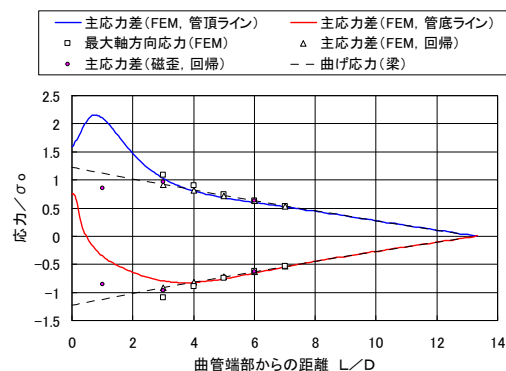


図-5 境らの手法の適用可能範囲