磁気異方性センサによる曲管部の応力測定におけるセンサ感度の影響について

㈱キャプティ（研究時 東京ｶﾞｽ 導管部 幹線 G）　正会員　○飯村 正一
JFE ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ㈱　境　禎明

１．はじめに

筆者らは，地盤沈下などの外力によって曲管部に発生した応力を，磁歪効果を利用する磁気異方性（以下，適宜「磁歪」と略す）センサを用いて非破壊で診断する手法を提案している[1)他]．一方で，磁歪センサを用いる応力測定では，降伏応力以下の応力でセンサに感度低下が発生することが分かっている．本報告は，曲管部の応力診断に磁歪センサを適用した場合の，診断値に及ぼすセンサ感度の影響について検討した結果を示す．

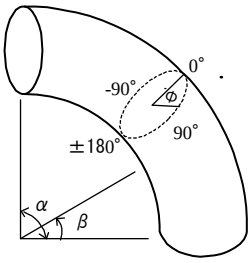

図 1 角度の定義

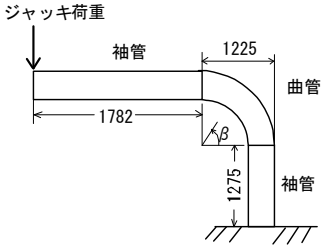

図 2　荷重試験方法

２．試験方法

呼び径 600mm，開き角度（図 1 の角度 α）90°のモナカエルボを用いて，図 2 に示すような供試体を作製し，ジャッキ荷重 P を上又は下方向に加え，曲管中央断面（図 1 において β=45°の断面）において，ひずみゲージおよび磁歪センサを用いて応力を測定した．なお，ひずみゲージは中央断面の外周半断面（ϕ が 0～180°の範囲）に 15°間隔で 2 軸のものを貼付した．磁歪センサによる測定は，5°ピッチで全周について行った．表 1 に曲管の諸元を示す．

表 1 曲管の諸元

外径 (mm)	610
肉厚 (mm)	17.6
曲率半径 (mm)	914.4
規格降伏応力 (MPa)	410

３．試験結果

図 3 に，ジャッキ荷重 P が上方向に 0，49，98，147，196，236kN 作用したときのひずみゲージ（青い○印）および磁歪センサによる測定値（赤い○印）を示す．磁歪センサによる測定では，全応力の主応力差が測定されることから，ひずみゲージによる実測値は，磁歪センサによる測定値と対応させるために，管軸方向応力から円周方向応力を減じた値をプロットしている．ひずみ測定では，(a)のジャッキ荷重 0 が基準（管軸，円周方向ひずみ/応力が 0）となる．これに対して，磁歪センサによる測定では，上述のように，全応力の主応力差が測定されることから，ジャッキ荷重が 0 であっても，供試体の自重によって発生している応力が測定される．図の赤い実線は，実測値を Rodabaugh-George[2)]（以下，適宜「R&G」と略す）による曲管の応力計算理論式に回帰させて得られた曲線を示し，著者らの既存研究から，この赤い実線は供試体の自重によって発生するモーメントを，R&G 式に代入して得られる主応力差の曲線に一致することが確かめられている．この赤い実線と赤い○印との差は，曲管を製作したときに発生した応力とみなされる．ひずみゲージから求められた主応力差の値である青い○印（または，青い○印を R&G 式に回帰させて得られた青い実線）は，ジャッキ荷重が大きくなるにつれて増大しているが，磁歪セン

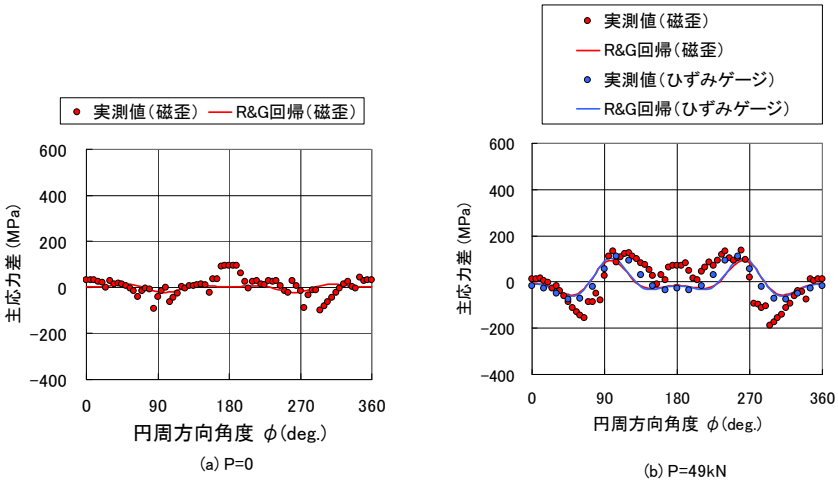

図 3.1 磁歪測定値とひずみゲージ測定値の比較（その 1）

キーワード　曲管，応力，磁気異方性センサ，磁歪，感度
連絡先　〒141-8621　東京都品川区東五反田 5-22-27　iimura@capty.co.jp

サによる測定値は, (d)の 147kN 以上では飽和している.

図 4 の白い□印は，図 3 の各図におけるひずみゲージによる実測値の中の最大値（ただし，絶対値としての）とジャッキ荷重との関係を示す．青い□印およびグレーの○印は，白い□印の値の算出に用いた円周および管軸方向応力を示す．ジャッキ荷重が負の領域は，下方向に荷重を加えたことを意味し，ジャッキ荷重が－117kN の場合を除くと，ジャッキ荷重と主応力差, 円周方向応力および管軸方向応力は線形性を示している．赤い○印は，各荷重ステップにおける赤い実線から抽出した絶対値が最大となる値とジャッキ荷重との関係を示したものである．緑の△印は，赤い○印から自重分を除いた曲線である．ジャッキ荷重

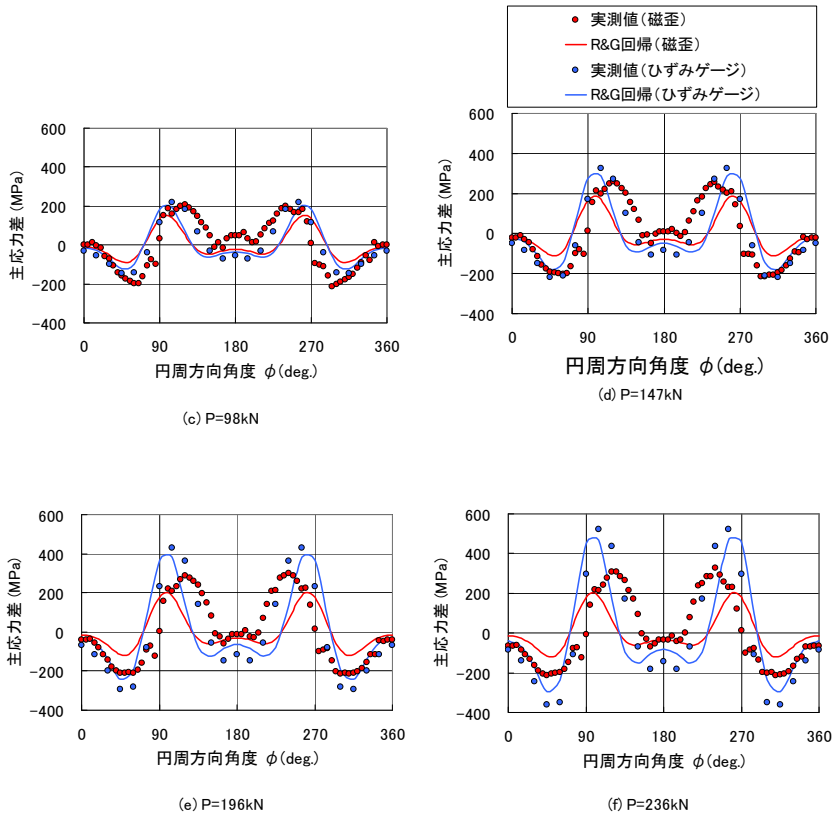

図 3.2 磁歪測定値とひずみゲージ測定値の比較（その２）

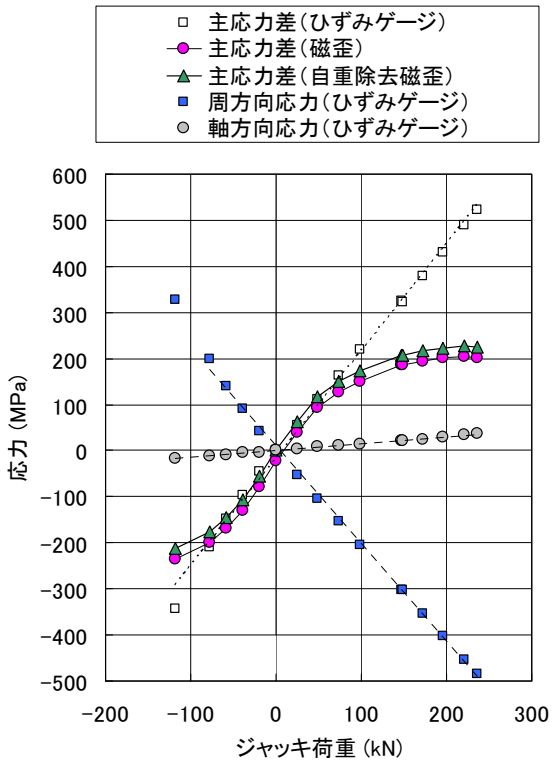

図 4 最大実測値とジャッキ荷重との関係

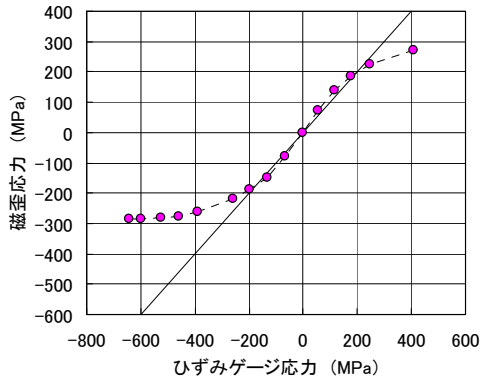

図 5　回帰式同士から抽出した円周方向応力

が正の領域と負の領域では特性がいくぶん異なることが見られる．また，ジャッキ荷重が±100kN を超えると，センサの感度が急激に低下している．

図 5 は, 図 3 における青い実線と赤い実線によって確定された円周方向応力の最大値を, 全荷重ステップについて比較したものである．45°線上にある範囲が磁歪センサの診断可能領域とすると，円周方向応力で 250MPa 程度が上限となる．

４．おわりに

磁歪センサを用いる応力診断では，測定値がセンサの感度低下領域にあるか否かを適切に判断しないと，危険側の診断をすることになると云える．

[参考文献] **1)** 飯村正一, 境禎明 : 磁気異方性センサを用いた曲管の非破壊応力診断 —面内曲げ—, 非破壊検査, Vol.55, No.10, pp.536-542, 2006.
2) Rodabaugh, E.C. and George, H. H. : Effect of internal pressure on flexibility and stress intensification factors of curved pipe or welding elbows, *Trans. ASME*, Vol.79, pp.939-948, 1957.