

磁気異方性センサによる曲管部の応力測定における開き角度等の影響

(株)キャプティ (研究時 東京ガス 導管部 幹線 G) 正会員 飯村 正一

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、磁気異方性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}。手法の有効性は、開き角度(図-1の α) 90° の曲管の中央断面(図-1において $\beta=\alpha/2$ の断面)における測定値で検証したが、道路下などに埋設されている曲管では、他の埋設物が近接して、中央断面での測定が困難な場合が少なからず発生する。また、実埋設配管では開き角度 90° の使用比率はそれ以下のものに比べると低い。以上の実態から、開き角度 90° の曲管を用い、測定位置が中央断面からずれた場合の診断値への影響と、開き角度が 90° よりも小さいものの場合に、どの程度の角度のものまで筆者らによる既提案の手法が実用上有効かについて調べた。

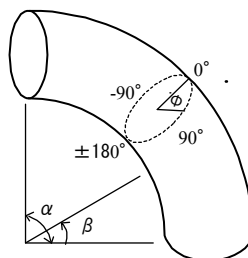


図-1 角度の定義

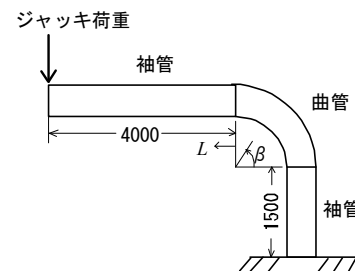


図-2 荷重試験方法

2. 測定断面位置が診断値に及ぼす影響²⁾

表-1 管の諸元

	袖管	曲管
外径	318.5mm	318.5mm
肉厚	9.9mm	11.8mm
曲率半径	-	457.2mm

呼び径 300, 開き角度 90° の曲管を用いて図-2 に示すような供試体を作製し、ジャッキ荷重を負荷し、

適宜貼付したひずみゲージと磁気異方性センサにより供試体各部の応力を測定した。表-1 に管の諸元を示す。

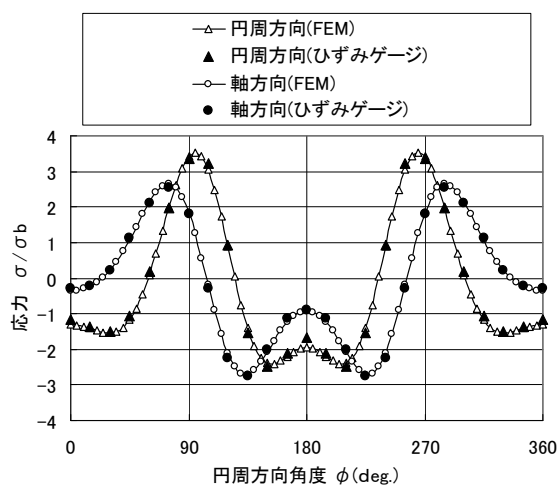
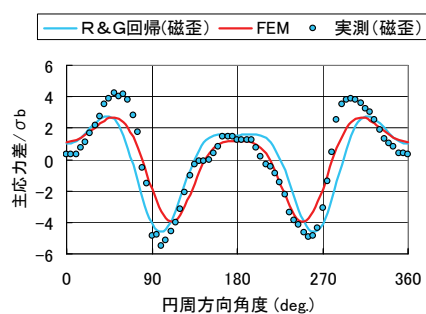
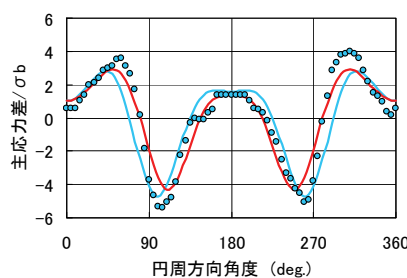
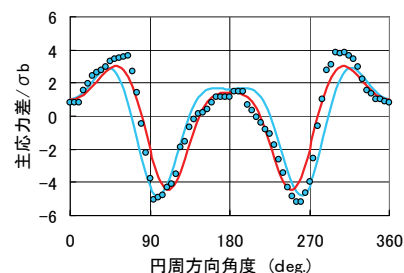
図-3 $\beta=67.5^\circ$ 断面における応力の実測とFEMの比較(a) $\beta=67.5^\circ$ 断面(b) $\beta=56.25^\circ$ 断面(c) $\beta=45^\circ$ 断面

図-4 測定断面位置が診断値に及ぼす影響の比較

図-3 に、 $\beta=67.5^\circ$ 断面においてひずみゲージで測定した応力を曲管中央断面位置における曲げ応力 σ_b で除して基準化した応力と、薄肉シェル要素を用いたFEM解析によって得られた応力を同様に基準化したものを比較して示す。実測と解析は極めて良い一致が見られる。図-4 は、図-2 のジャッキ荷重を10kN作用させた場合に、 $\beta=67.5^\circ, 56.25^\circ, 45^\circ$ 断面において、磁気異方性センサで測定された主応力差の値を曲げ応力 σ_b で除して基準化し、開き角度との関

キーワード 曲管, 開き角度, 応力, 磁気異方性センサ, FEM

連絡先 〒141-8621 東京都品川区東五反田 5-22-27

iimura@captty.co.jp

係で示したものである。水色の●印が測定値を示す。この値を Rodabaugh-George による曲管の応力計算理論式に回帰させると、外力対応の応力を分離・特定することができることを筆者らは既に示している。水色の実線が、磁気異方性センサによる測定値を Rodabaugh-George による理論式に回帰させて確定した曲線、赤い実線が FEM 解析によって得られた主応力差の分布曲線を示す。赤い実線と水色の実線から抽出した最大値同士の差は、中央断面に近づくほど小さくなる傾向が見られるものの、その程度はわずかであり、中央断面からのズレが 22.5°程度以内であれば、測定断面位置による診断値（R&G 回帰線の値）への影響は小さいと見なされる。

3. 開き角度が診断値におよぼす影響³⁾

埋設配管などでは、他の埋設物を避けるなどの目的で曲管が多用されることから、開き角度が90°以下のものが90°のものよりも圧倒的に多く使われる。そこで、図-2の供試体において、開き角度90°の曲管に替えて、開き角度が60°、45°、22.5°の曲管とした場合についてFEM解析モデルを作成し、軸方向応力と円周方向応力を算出した。図-5に、中央断面における軸方向応力および円周方向応力と、主応力差（軸方向応力と円周方向応力の差）の値をRodabaugh-Georgeによる理論式に回帰させて確定した応力（緑の実線が軸方向応力、ピンクの実線が円周方向応力）との比較を示す。開き角度の大小に拘わらず、最大応力（ただし絶対値としての）は円周方向に発生する。最大応力を診断するという観点からは、開き角度22.5°の曲管への筆者らの既存手法の適用は危険側の評価を与えると言える。逆に、開き角度が45°よりも大きければ、筆者らの手法は実用上十分有効と見なされる。

4. おわりに

曲管が、道路下などに埋設された状態で使われる場合、他の埋設物が近接していて、磁気異方性センサを用いての測定が曲管中央断面においてできない場合があることから、中央断面からずれた場合の診断値への影響を調べた結果、22.5°程度のズレであれば診断値にはほとんど影響しない可能性が高いことが分かった。また、道路下などの配管に曲管が用いられる場合、90°よりも小さい開き角度の曲管が多用されることから、開き角度が診断値におよぼす影響を調べた。その結果、45°程度よりも大きい開き角度であれば、筆者らによる、磁気異方性センサの測定値を Rodabaugh-George による応力計算理論式に回帰させて外力対応の応力を抽出するという手法が十分有効であると判断された。

[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) 飯村正一, 山口宏樹: 磁気異方性センサによる曲管及びその近傍の非破壊応力測定における測定位置の影響評価, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.1, pp.94-105, 2009. 3) 飯村正一, 境禎明: 磁気異方性センサを用いた管路応力の非破壊診断精度の向上, 非破壊検査, Vol.59, No.1, pp.38-44, 2010.

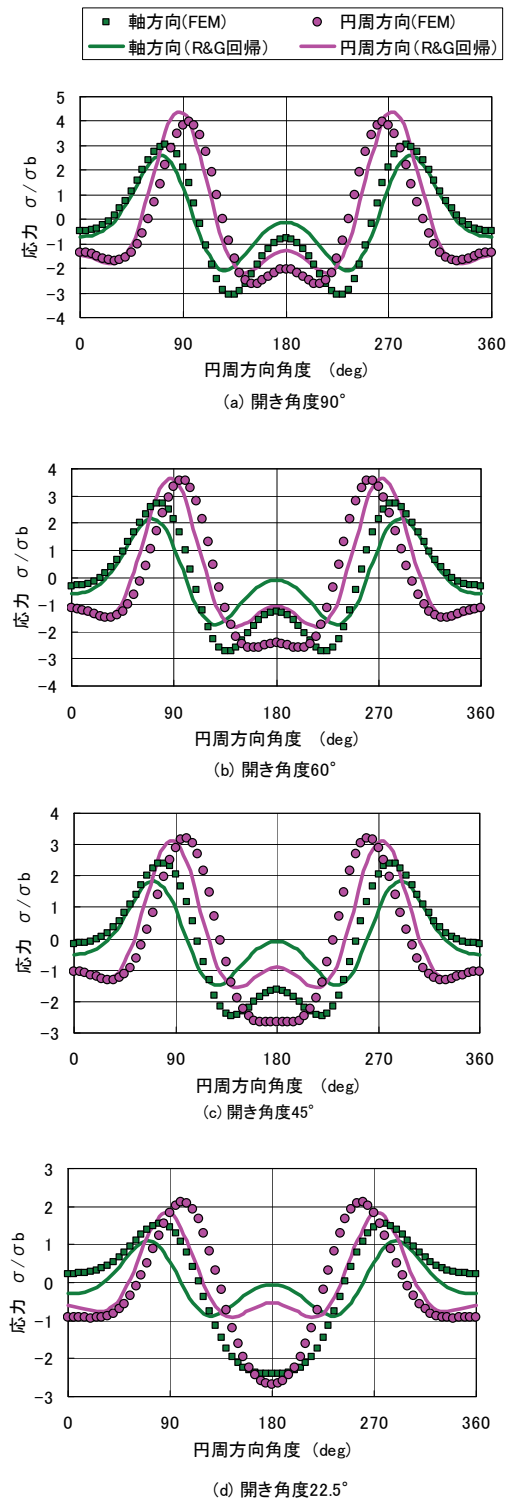


図-5 開き角度が診断値に及ぼす影響