

VI-134

都市ガス導管の応力推定技術

大阪ガス(株) (正) 小川 安雄 (正) 岡 正治郎
N K K (正) 鈴木 信久 (正) 谷村 正人

1 まえがき 安定して供給される都市ガスは、今や快適な都市生活の実現に不可欠なエネルギーの一つとなっている。したがって、都市ガス導管の構造物としての健全性確保は、ガス事業者にとって非常に重要な課題となっている。ところが、都市ガス導管は膨大な延長を有する線状構造物で、その埋設環境は複雑多岐に渡っているため、導管網の維持管理には埋設環境・敷設線形等に応じた適切な手法が必要となる。そこで本文では、橋台背面の地盤沈下によって過大な変形が発生する可能性が高い橋梁配管系のうち、橋台背面に埋設された溶接鋼管に発生する応力(ひずみ)を非破壊・非掘削で推定する手法を開発したので報告する。

2 応力推定手法の概要 本文で対象とする橋梁配管系の概要を図1に示す。橋台は堅固な基礎の上に構築されているので、一般的には沈下しないものと考えることができる。一方橋台背面部は圧密沈下の他、橋梁を通過する交通荷重の影響で地盤が沈下し易くなっている。その結果、橋台背面部に埋設されたガス導管には不等沈下による変形が生じ、過大な応力(ひずみ)が発生する可能性がある。

本応力推定手法の概要フローを図2に示す。まず橋梁添架部の曲げ応力を次項に示す磁歪応力測定法によって求め、別途行う有限要素解析の結果と比較する。数値解析に必要な地盤定数は、現地の土質試験結果等を参考に設定し、架管部の曲げ応力が磁歪応力測定結果とよく一致するまで、橋台背面の地盤沈下量を増加させる。しかし、これによって解析結果が測定結果と一致しない場合には地盤定数を変化させて、上述の計算を繰り返す。何例か試行し、橋梁添架部の応力が精度よく求まったら、橋台背面部に埋設された導管の解析結果(応力またはひずみ)を最終的な推定値とする。さらに、橋台背面部の導管に沿った応力(ひずみ)の中から、導管の安全性を照査するのに必要な値を抽出する。

3 磁歪による非破壊応力測定 橋梁添架管部の非破壊応力測定には磁歪応力測定法を採用した。磁歪応力測定法は、図3に示す磁気異方性センサーを使用し、強磁性体(鋼管)に応力(ひずみ)が発生すると透磁率が変化することを利用した応力測定機器である¹⁾。磁気異方性センサーの出力電圧 V は、

$$V = M (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\theta \quad (1)$$

のように主応力差の関数として求められる。

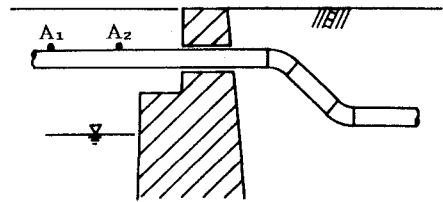


図1 橋台配管系の概念図

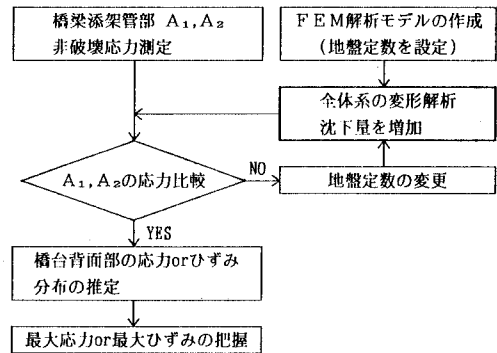


図2 応力推定手法のフロー

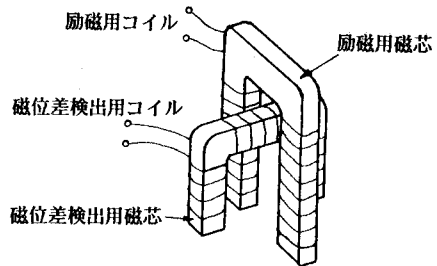


図3 磁気異方性センサーの構造²⁾

ここに、 V :センサー出力電圧、 M :磁歪感度、 σ_1 、 σ_2 :主応力、 θ :センサーと主応力の交角をそれぞれ表している。

4 モデル配管による応力推定技術の検証 橋梁配管系の応力推定技術の実用性を検証するため、図4に示すコンクリート製の沈下土槽に外径165.4mm・管厚5mmの鋼管を埋設し、一様な地盤沈下を与えた。このモデル配管は橋台前後の一般的な形状として、二つの45°曲管を含んでおり、土槽外に不動のサポートを設置し、土槽内にあるもう一方の管端は、その変位量が土槽の沈下量と一致するように、土槽本体に礎着した。橋台を想定した400mm厚さのコンクリート壁の貫通部分は鋼管外表面と50mmのクリアランスを設け、貫通部がほぼピン支持となるように、ドーナツ状にモルタルを充填した。図中の黒丸はひずみゲージの貼付位置を表している。

図5には、管軸方向ひずみに関して、ひずみゲージと磁歪応力の測定結果を比較して示す。また、図中の実線と一点鎖線は有限要素解析結果をそれぞれ表している。

図のように、橋梁添架部のひずみゲージと磁歪応力の測定結果は比較的よい一致を示している。有限要素解析結果はこれら二種類の測定値よりも、絶対値で少々大きめなひずみ値を示しているが、比較的よい一致が認められる。一方、埋設部分は磁歪応力測定の適用範囲外であるが、ひずみゲージの測定結果と有限要素解析結果の比較に見られるように、両者は非常によく一致している。このように、管軸方向ひずみの分布状況を全体的に見ると、曲げ変形が卓越して発生していることが分かる。

したがって以上の結果から、橋梁添架部に発生している管体応力(ひずみ)は、磁歪応力測定法でかなり高い精度で測定可能であると言える。さらに、直接測定が不可能な埋設部分に発生する管体応力(ひずみ)は、添架部における有限要素解析結果が、磁歪応力測定結果とよく一致するような地盤定数と地盤沈下量を求めることができれば、間接的にはあるが、比較的精度よく推定することができるものと思われる。

5 あとがき 磁歪応力測定法を用いて、埋設部における溶接鋼管の応力(ひずみ)推定手法を開発し、実験レベルではあるが、非常に有効な推定手法であることを確認した。今後は、この応力(ひずみ)推定手法を実際の現場に適用し、問題点の抽出および推定手法の確立を図る予定である。

本文では紙面の都合上、有限要素解析および地盤定数をパラメータにした管体ひずみの感度解析等については省略した。また、橋台背面部の埋設導管の安全性照査では、曲管の変形状態がクリティカルになってくるが、この点の議論も省略した。これらについては、例えば文献3),4)を参照されたい。

参考文献

- 1) 的場, 他: '磁気異方性を用いた応力測定器の開発', NKK技報, Vol.131, 1990. (投稿中)
- 2) 粕谷: '物体に潜む応力を探る', 鉄道技術総合研究所月刊誌(RRR), 2月号, 13-18, 1988.
- 3) 舩田, 鈴木: '地盤の永久変位による埋設パイプラインの変形挙動', 土木学会No.44年講, 1138-1139, 1989.
- 4) 鈴木, 大場: '埋設パイプライン曲管部の低サイクル疲労強度', 構造工学論文集, Vol.36A, 1355-1364, 1990.

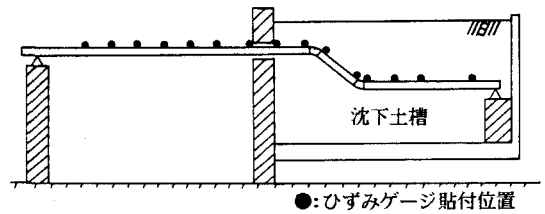


図4 モデル配管による沈下実験

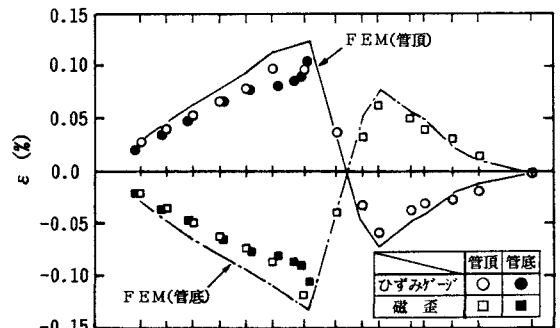


図5 管軸方向ひずみの比較