

磁歪応力測定法による水圧鉄管の応力測定実験

東電設計(株)*1

J F Eエンジニアリング(株)*2

東京電力(株)*3

正会員 松本 正浩

正会員 境 禎明, 高橋 敏之

金子 賢一

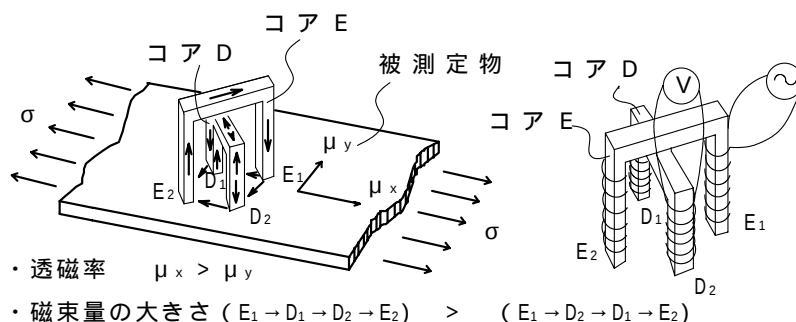
1. はじめに

既設水圧鉄管の補強工法として、鉄管表面へ炭素繊維シート（以下 CFRP とよぶ）を巻き立てる工法が検討されている。従来から水圧鉄管の維持管理のために鉄管の板厚測定が実施されているが、上記のような CFRP の巻き立てを施工すると、外面からの超音波による板厚測定が困難となる。一方水圧鉄管の板厚が摩耗や腐食によって減少すると、水圧によって発生する応力が変化すると考えられる。そこで板厚測定に替わる維持管理の指標として、鉄管の応力をモニタリングすることが提案された。応力測定の手法としては各種知られているが、最も一般的なものはひずみゲージを用いたもの（以下ゲージ法とよぶ）である。しかしながらゲージ法は測定対象にひずみゲージを接着剤で取り付け、ひずみゲージ本体及びリード線部の絶縁と防湿を保つ必要があることから、水圧鉄管のように屋外に設置された構造物に対して年単位の長期間モニタリングを行うことは耐久性の観点から非常に困難である。一方磁歪応力測定法（以下磁歪法とよぶ）は、測定の際に磁歪センサをあてるだけで簡便に応力を測定することができ^[1]、ひずみゲージのように継続的に取り付けておく必要がないことから、長期間の応力モニタリングに適している。また開発した磁歪センサは非常に高感度なため、被測定物と磁歪センサの間に最大 15mm 程度の距離をとることができることから炭素繊維シートの巻き立てを施した上からの測定も可能と考えられる。

以上のような経緯から、既設の水圧鉄管を用いて磁歪法による応力の長期モニタリングの可能性について実験による検討を行うこととなった。以下にその結果について報告する。

2. 磁歪法による応力測定の実験

磁歪法では図1に示すような磁歪センサを測定対象物上において測定する。被測定物の透磁率とよばれる磁気的な性質は引張応力方向に僅かに大きくなり、磁気的な異方性が生じる。このとき、コア E に巻いたコイルに電流を流すと、センサの足 E_1 から出た磁束のうち大部分は最短距離で直接 E_2 へ向かうが、 $E_1 D_1$ 間及び $D_2 E_2$ 間は $E_1 D_2$ 間及び $D_1 E_2$ 間に比べて透磁率が $\mu_x - \mu_y$ だけ大きいために、一部は矢印の様にコア D の中を流れる。以上の磁気回路を交流磁界で形成すると、コア D に巻いたコイルには誘導電流が流れ、(1)式で表されるような電圧が生じることになり、比例定数 K を知ることによってこの電圧から応力を求めることが可能となる。



$$V = K_0 \cdot (\mu_x - \mu_y) \\ = K \cdot (\sigma_x - \sigma_y) \quad (1)$$

但し、

K_0, K : 励磁条件, 材料磁気特性
等で決まる定数

図1 磁歪センサの動作原理

キーワード: 磁歪, 応力測定, 水圧鉄管, 維持管理, 炭素繊維

*1 〒514-0393 津市雲出鋼管町1

TEL 059-246-3052 FAX 059-246-2790

*2 〒110-0015 台東区東上野 3-3-3

TEL 03-4464-5042 FAX 03-4464-5190

*3 〒100-8560 千代田区内幸町 1-1-3

TEL 03-4216-3866 FAX 03-4216-6943

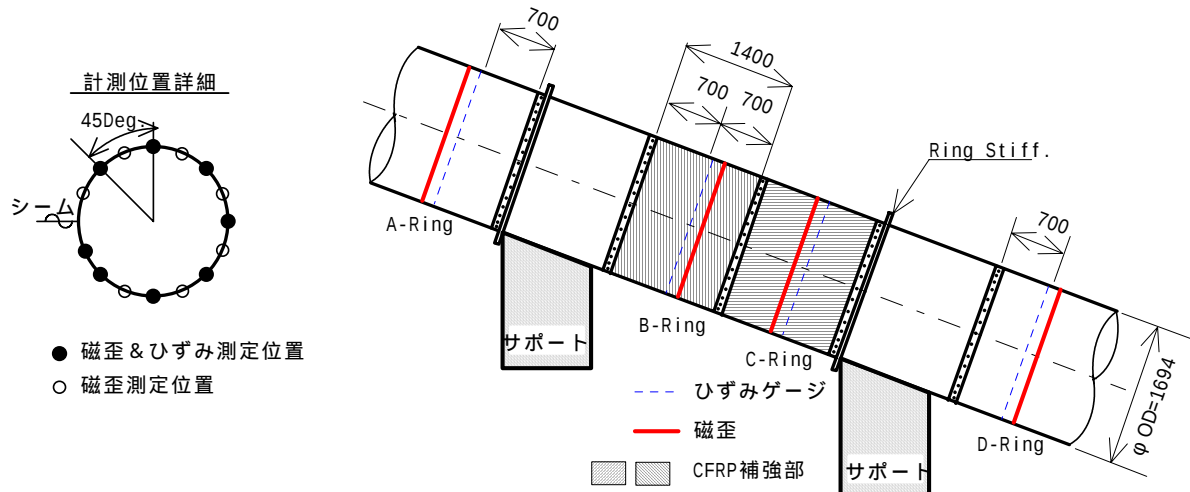


図2 供試体及び計測位置の概要

3. 実験の概要

実験を行った水圧鉄管は供用後 80 年以上経過したもので、 $t=9.0\text{mm}$ (竣工時), $\phi_{OD}=1694\text{mm}$ 、材質は SS34 相当の全リベット構造のものである。測定箇所は通常塗装部 (A,D-Ring) 及び CFRP 補強部 (B,C-Ring) とし、水圧によるひずみをゲージ法及び磁歪法で計測した。なお CFRP の厚さは、8~12mm 程度である。また実験は測定の長期安定性を確認する目的から、12月と2月の2回実施した。供試管及び測定点の概要を図2に示す。

4. 実験結果

空水時と満水時の磁歪センサの出力分布を図3に示す。磁歪法では原理的に残留応力を含んだ絶対的な応力が測定されるが、場所による残留応力のバラツキが大きいことが分かる。また空水時と満水

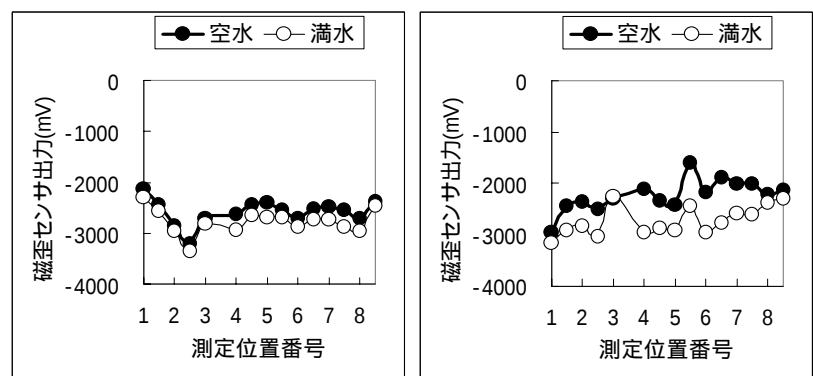


図3 磁歪センサの出力分布(左:C-Ring,右:D-Ring)

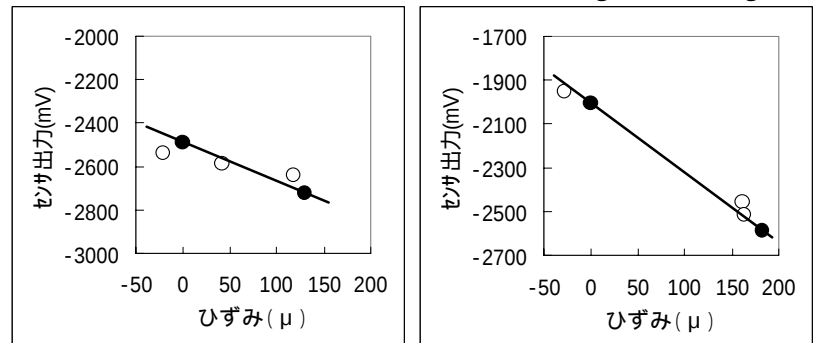


図4 磁歪センサの出力変化(左:C-Ring,右:D-Ring)

時で出力分布の特徴が一致しており、安定した計測ができているといえる。図4は C,D-Ring のある測定位置について、12月及び2月に実施した空水時と満水時の磁歪センサの出力変化を発生ひずみで整理 (12月の計測値を黒丸、2月の計測値を白丸でプロット) したものであるが、磁歪センサの出力変化は発生ひずみと高い線型関係にあり、かつ2回の計測時期での再現性も十分高いといえることができる。

5. まとめ

今回得られた知見をまとめると以下となる。

- A) 磁歪法によって鉄管のひずみを CFRP 層の上から評価することができた。
- B) 磁歪法による測定結果はひずみに対して高い線型性が得られた。
- C) 磁歪法による測定結果は長期間にわたって安定した結果 (再現性) が得られた。

【参考文献】

- [1] 境 禎明, 他: 磁気異方性を利用した応力測定システムの開発, 第 23 回応力・ひずみ測定シンポジウム講演論文集 pp132-137(1991)