

NKK技術研究所

正会員 境 禎明<sup>1)</sup>

NKK橋梁・港湾建設部

正会員 川畑 篤敬<sup>2)</sup>，高尾 道明<sup>2)</sup>

本州四国連絡橋公団

池田 定三<sup>3)</sup>，中西 治<sup>3)</sup>

本州四国連絡橋エンジニアリング

吉澤 光男<sup>4)</sup>

## 1. はじめに

維持管理の観点から既設構造物の安全性を評価するには、現在その構造物に働いている応力レベルを把握することが有効である。構造物における応力測定はひずみゲージ法によるものが一般的であるが、既設構造物の負荷応力をひずみゲージ法で求めるためには、応力解放作業を伴ったいわゆる破壊検査でないと難しい。しかし既設構造物の多くはこのような破壊検査を行うことは不可能であり、自ずとその適用範囲も限られていた。このような背景から、著者らは磁気異方性を利用した応力測定法（以下磁歪応力測定法と呼ぶ）に着目し、その開発と各種構造物への適用を重ねてきた。今回「下津井瀬戸大橋」のエンドリンクに作用する応力の測定を試み良好な結果を得た。以下にその結果について報告する。

## 2. 測定原理

磁歪応力測定法では図1に示すような磁歪センサを測定対象物上に置いて測定する。いま図1に示すような応力状態にセンサが置かれている場合の動作原理を考えると、被測定物の透磁率は、引っ張り応力方向にごくわずかに大きくなり、磁気異方性が生じる。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<sub>1</sub>から出た磁束のうち大部分は直接E<sub>2</sub>へ向かうが、E<sub>1</sub>D<sub>1</sub>間及びD<sub>2</sub>E<sub>2</sub>間はE<sub>1</sub>D<sub>2</sub>間及びD<sub>1</sub>E<sub>2</sub>間に比べ透磁率が $\mu_x - \mu_y$ だけ大きいために、一部は矢印で示す経路をたどる。そのためコアDに巻いたコイルには電圧が生じることになる。この電圧Vは、

$$V = M_0 \cdot (\mu_x - \mu_y) \quad \text{----- ①}$$

ただし、 $M_0$ ：励磁条件、コイルの条件、材料の特性などによる定数

と表すことができ、透磁率の異方性 $\mu_x - \mu_y$ は直交する2軸の応力差 $\sigma_x - \sigma_y$ に比例するため、結果として

$$V = M \cdot (\sigma_x - \sigma_y) \quad \text{----- ②}$$

となる。従って、比例定数にあたるMがわかれば、磁歪センサの出力により応力差を求めることができる。また原理上センサを測定対象面上で回転させたときの出力は、 $180^\circ$ 周期の $\cos$ カーブとなり、最大になる方向が最大主応力方向のため、最大主応力方向、及び主応力差も求めることができる。

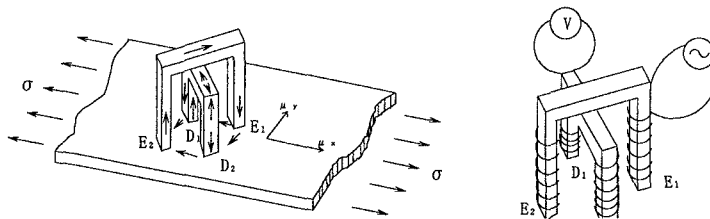


図1 磁歪センサの動作原理

キーワード：応力測定，磁気異方性，磁歪，維持管理，死荷重測定

\*1 〒514-11 津市雲出鋼管町1番地

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

\*2 〒230 横浜市鶴見区末広町2丁目1番地

TEL 045-505-7570 FAX 045-505-7542

\*3 〒762 坂出市川津町下川津4388-1

TEL 0877-45-5511 FAX 0877-45-3838

\*4 〒104 東京都中央区入船2丁目5番6号

TEL 03-5566-4828 FAX 03-5566-0357

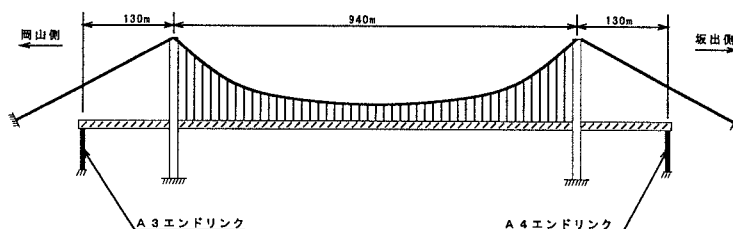


図2「下津井瀬戸大橋」エンドリンク配置

### 3. 測定要領

今回の測定は図2の様な「下津井瀬戸大橋」のエンドリンク4本（A3側、A4側各2本）に対して実施した。なおエンドリンクは上下の球座によって自由に回転することができ、桁の荷重を軸力として受け持つようになっている。測定点は図3の様にエンドリンクの上段、中段、下段位置のそれぞれについて、なるべくガス切断、及び溶接による残留応力の影響を受けないように部材の端部及び溶接ビードから離れた箇所を設定し、各測定点について磁歪センサによって主応力方向及び主応力差を計測した。なお磁歪センサの感度は、センサと鋼板との距離（リフトオフ）によって変化するが、今回用いた磁歪センサにはこのリフトオフ量を検出する機構が組み込まれており、これによってセンサの感度を補正することができる。そこで測定ではこの特徴を活かして、エンドリンクの塗装を除去することなくその上から行った。

### 4. 測定結果

測定結果の一例として図4に西側 A3 エンドリンク下段位置の計測結果を示す。なお本結果は磁歪センサによる計測結果を、別途実施した同規格材による較正試験結果から素材のもつ残留応力成分を差し引き、エンドリンクに作用する軸方向応力を算出したものである。

計測時にエンドリンクに作用していたと推定される応力は、死荷重によるものがほとんどであり、活荷重（常時荷重の10%と仮定）、温度荷重等を設計計算書に基づいて推定すると約 $-8.8\text{ MPa}$ となる。一方測定された応力は、場所によってばらつきがあるものの平均すると $-10.8\text{ MPa}$ となった。

### 5. まとめ

今回磁歪応力測定法によってエンドリンクの作用応力の計測を試みた。その結果、測定された応力と設計計算上の応力値との間には約20%程度の差がみられたが、原因としては

- ①設計計算上の仮定と実物との較差
- ②製作、架設上の誤差
- ③磁歪応力測定法の測定誤差

等が考えられる。しかしながら、安全性評価の見地からいえば良好な測定結果が得られたと思われ、非破壊、非接触で実際の構造物の作用応力をこの程度の誤差で計測ができたことは、極めて有意義なことであるともいえる。今後はさらに測定精度を上げるための改良を加えるとともに、様々な分野、用途への適用を試みていきたいと考えている。

【参考文献】 矢作、高田、境ほか：磁気異方性を利用した応力測定法の橋梁部材への適用検討、土木学会第50回年次学術講演会第6部、P662-663(1995.9)

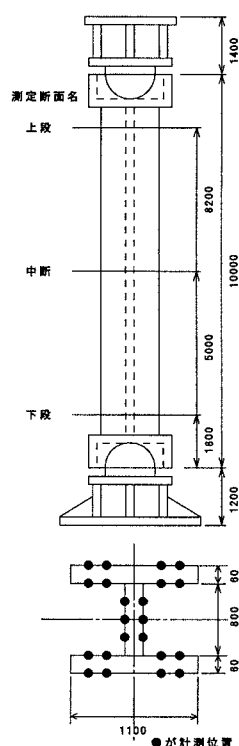


図3 エンドリンク測定点の詳細

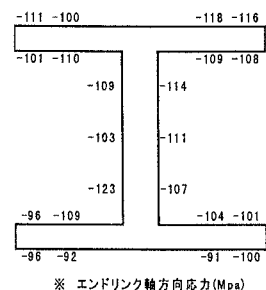


図4 測定結果 (A3西側・下段)