

異型鉄筋における磁歪係数の確認

第一技研コンサルタント 正会員 古市 亨  
大阪工業大学大学院 フェロー 松井 繁之  
第一技研コンサルタント 正会員 小寺 徹  
フジエンジニアリング 正会員 西芝 貴光

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の実耐荷力を判定するには鉄筋の実応力（製造時からの累積応力）を計測する必要があるが、配置されている鉄筋の応力状態を非破壊試験で把握することは難しい。磁気ひずみ応力測定法（磁歪法）は鋼材（磁性体）にある力が作用した時に材料の原子間距離が変化することに伴う鋼材の磁化率の変化に着目し、封入されている全応力度を換算して推定する計測法であり、今後の効率的な維持管理を行うために磁歪法は有用な手法として期待される。しかし、鉄筋の磁歪係数に関する基礎データはほとんどなく、調査で得られた磁歪係数が一般的な値か否かが不明である。このため、既設のボックスカルバートにおいて、頂版下面の鉄筋を対象に磁歪法とひずみゲージを用いて切断前後の差を計測する実応力測定（切断法）を実施した。さらに、その磁歪係数が他の構造物へ適用できるか否か検証するために、室内万能試験機による引張試験を行い、データの整合性の確認を行った。

2. ボックスカルバート頂版下面鉄筋による検証

今回調査したカルバート頂版下面鉄筋はK社製の異型鉄筋を使用しており、3箇所はD13鉄筋、1箇所はD16鉄筋であった。図-1にカルバートにおける計測概要を示すが、まず、①かぶりコンクリートを破砕、撤去し鉄筋を露出させ、切断位置左右にゲージ貼付する、②ゲージの初期ひずみと磁歪法による初期値の計測を実施する、③ゲージ間中央位置の鉄筋を切断、④切断後のひずみ計測と磁歪法の計測を実施する、⑤鉄筋切断前後の応力差と磁歪法による計測値の差から磁歪係数（1mV当たりの応力度）を推定する。

なお、鉄筋の切断は2次的な応力の発生を抑えるために、手作業により実施した。

表-1に切断前後のひずみ差から推定した応力

度と同時に実施した磁歪計により計測した実測値の差、さらにその計測結果から推定した磁歪係数を示す。この結果、D13鉄筋の磁歪係数は0.59, 0.56, 0.57とほぼ同一の値を示しており、同一鉄筋径の材料特性に大きな差はないことが確認できる。また、D16鉄筋の磁歪係数も1mV当たり0.56とD13とは同様の特性を示している。

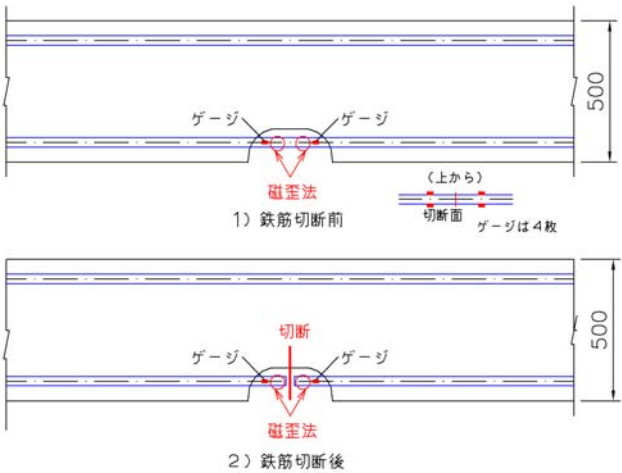


図-1 カルバート頂版鉄筋での検証

表-1 磁歪係数（カルバート頂版鉄筋）

| No. | 鉄筋径 | 切断法         |                                | 磁歪法               | 磁歪係数                                       |      |
|-----|-----|-------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|------|
|     |     | 切断前後ひずみ差(μ) | 応力度(N/mm <sup>2</sup> )<br>(A) | 切断前後の差(mV)<br>(B) | 1mmV当りの応力度(N/mm <sup>2</sup> /mV)<br>(A/B) |      |
| 1   | D13 | 442         | 88.4                           | 151               | 0.59                                       | 0.58 |
| 2   |     | 543         | 108.6                          | 195               | 0.57                                       |      |
| 3   |     | 550         | 110.0                          | 193               | 0.57                                       |      |
| 4   | D16 | 267         | 53.4                           | 96                | 0.56                                       | 0.56 |

キーワード 磁歪法, ひずみ, 残留応力, 累積応力

連絡先 〒556-0005 大阪市浪速区日本橋 4-5-21 第一技研コンサルタント（株） TEL 06-6645-4752

### 3. 万能試験機による検証

前章で示した鉄筋は全てが 1 ロッドで製作されたものと推測されるが、前章の実験から約 2 年後に K 社製の鉄筋を改めて施工業者から提供を受けるとともに、量販店から同社の鉄筋を独自に購入した。この製造時期が異なる 2 種類の鉄筋を用いて、図-2 に示すアムスラー型万能試験機による引張試験を行い、磁歪法による計測値とひずみゲージによる発生応力の相関から、磁歪係数を推定した。表-2 に万能試験機による鉄筋の発生応力度と磁歪計により計測した実測値の差、さらに本試験から推定した磁歪係数を示すが、D13 鉄筋の 2 本の提供品、1 本の購入品の磁歪係数にはバラツキも小さく、前章のカルバートの磁歪係数 0.58 に対して、0.61 と 5% 程度の誤差内に収まっている。D16 鉄筋についても、提供品、購入品のバラツキは小さく、カルバートと比べて誤差は若干大きくなっているが 10% 以内である。

また、D13 鉄筋の磁歪法による計測値 (mV) と発生ひずみの相関を図-3 に示すが、傾き (磁歪係数) だけでなく、無載荷状態の磁歪法による初期値はほぼ等しい。D16 鉄筋でも同様の傾向がみられ、鉄筋が出荷されるまでに封入された応力はほぼ等しいと推測できる。

### 4. まとめ

2 種類の試験による検証を行った結果、磁歪法の測定については現場、室内を問わず、ほぼ同一の結果が得られた。特に、K 社製の D13 鉄筋に関しては、異なる時期 (ロッド) に製作された鉄筋にも関わらず、磁歪係数はほぼ同一の値を示しているだけでなく、異形鉄筋が出荷されるまでに封入された応力 (磁歪法の初期値) も等しいことが確認できた。今後、各種鉄筋径や同径鉄筋でもロット別の場合、他のメーカー品を用いた場合など、多くのデータを蓄積、各鉄筋の磁歪法の初期値、磁歪係数を検証・分析することができれば、磁歪法により、製造時から施工後までの累積応力だけでなく製造から出荷時までの封入応力と現場施工に伴い発生した応力を個別に推定することができる可能性もある。

### 参考文献

- 安福精一, 藤井 堅, 末宗仁吉, 境 禎明, 村井亮介: 磁気を用いた鋼構造物の応力測定, 橋梁と基礎, Vol. 35, No. 6, pp. 33~38, 2001

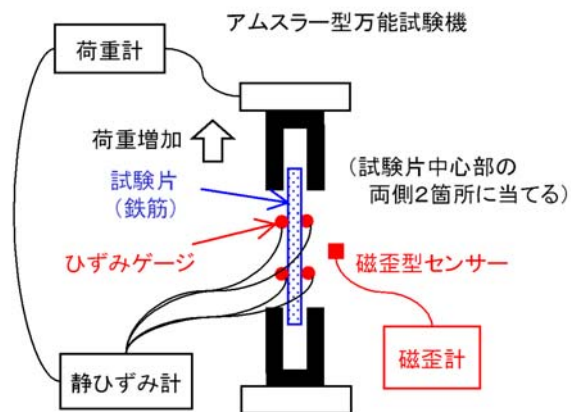


図-2 万能試験機による検証

表-2 磁歪係数の算出 (万能試験機)

| No. | 鉄筋径 | 切断法                |                                    | 磁歪法             | 磁歪係数                                                  | 適用  |
|-----|-----|--------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-----|
|     |     | 切断前後ひずみ差 ( $\mu$ ) | 応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) (A) | 切断前後の差 (mV) (B) | 1mmV当りの応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2/\text{mV}$ ) (A/B) |     |
| 5   | D13 | 851                | 170.2                              | 280             | 0.61                                                  | 提供品 |
| 6   |     | 707                | 141.4                              | 236             | 0.60                                                  |     |
| 7   |     | 853                | 170.6                              | 281             | 0.61                                                  |     |
| 8   | D16 | 842                | 168.4                              | 278             | 0.61                                                  | 提供品 |
| 9   |     | 744                | 148.8                              | 242             | 0.61                                                  |     |
| 10  |     | 810                | 162.0                              | 263             | 0.62                                                  |     |

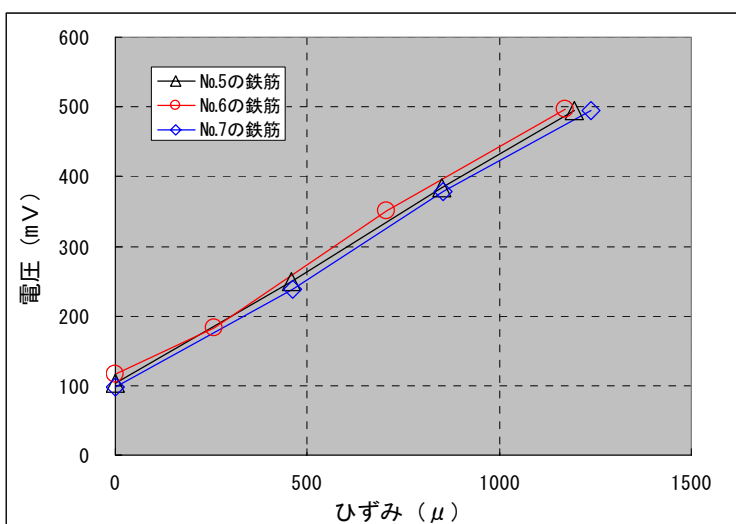


図-3 磁歪法の計測値とひずみとの相関