

E M (Elasto-Magnetic) センサーによる鉄筋現有応力測定技術の開発（その1） 試験による基礎的検討

○ 前田建設工業（株）正会員 眞岸 徹 前田建設工業（株） 正会員 三島 徹也
 前田建設工業（株） 本間 政幸 （株）計測サチコカク外 正会員 羅 黄順
 前田建設工業（株）正会員 大川 尚哉 （株）計測サチコカク外 宮本 則幸

1. はじめに

E M (Elasto-Magnetic) センサーとは棒状の鋼材の外周にコイルをセットし電氣的に磁歪を測定することによって鋼材の現有応力を測定する技術である。（図 - 1、写真 - 1）具体的には、(1)計測する鉄筋の周囲に円筒形のポピンをセットする。(2)そのポピンの周囲に2次コイル・1次コイルを巻き、温度計をセットし応力測定センサーとする。(3)このセンサーの1次コイルにパルス電流を加え、出力として2次コイルからの誘導電流値と温度計の温度を得る。(4)同種の鉄筋を用いたキャリブレーションで求めた換算式にその出力値を当てはめ当該鉄筋の応力を求める。パルス電流による測定であるため小さい電流で測定可能であるという特徴を持つ技術である。

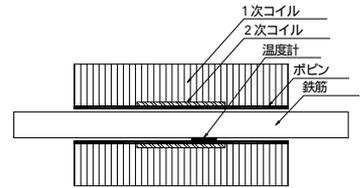


図 - 1 E Mセンサー断面図



写真 - 1 E Mセンサー設置状況

同センサーは橋梁のP C鋼材の実応力測定においてその有効性が確認されているが、鉄筋への適用事例は無い。そこで、既設R C構造物診断技術の一つとして現有鉄筋応力測定技術が求められている現状をふまえ、本研究ではE Mセンサーをそれに適用するための基礎実験を実施した。



写真 - 2 引張試験状況

2. 実験の概要

2.1. 検証項目

R C構造物の鉄筋とP C鋼材との相違点として、鉄筋の材質が相対的に劣ること、節や配力筋が存在することがあげられる。この影響を評価するために以下の3項目に着目した実験を行った。(1)鉄筋のロット・製造方法の違いによる影響の確認。(2)鉄筋にセンサーをセットする際の、設置位置（中心軸の偏芯）の影響の確認。(3)配力筋の影響の確認。

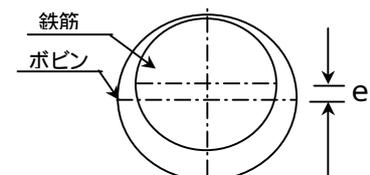
2.2. 試験体及び載荷方法

実験は、試験体の鉄筋にE Mセンサーを挿入セットしアムスラー試験機を用いて引張荷重を与える方法で行った。鉄筋は長さ1.4mで両端をねじ切り加工しナットにより載荷板上に固定できるようにした。写真 - 2にその概要を示す。鉄筋は電炉メーカー3社、高炉メーカー1社の異形棒鋼D29 (SD345)を使用した。本実験で使用した試験体の仕様を表 - 1に示す。また、センサー設置位置の影響確認実験の仕様を図 - 2に示す。

表 - 1 試験体の仕様

メーカー	試験体No	備考
T	T-a~T-c	電炉製、T-a~T-cは同ロット
S	S-1, S-2	電炉製、S-1, S-2は別ロット
A	A	高炉製
B	B	電炉製

異形棒鋼D29 (SD345)



電炉 : e = ±1.60mm、高炉 : e = ±1.15mm

図 - 2 センサーと鉄筋の偏芯量

2.3. キャリブレーション

試験体 T-a、S-1、Aを基本鉄筋とし、それを用いてキャリブレーションを実施しそれぞれの換算式の各係数を決定した。この換算式を用いて各鉄筋の引張試験結果を評価した。換算式は $\sigma = f(\mu, T)$ で表現される。

キーワード : 磁歪、E Mセンサー、現有応力

連絡先 〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J.CITY 前田建設工業(株) 土木設計部 TEL 03-5372-4743 FAX 03-5372-4768
 〒732-0029 広島県広島市東区福田 1-665-1 (株)計測サチコカク外 企画開発室 TEL 082-899-5471 FAX 082-899-5478

ここで σ : 応力、 μ : 透磁率、 T : 鉄筋の温度である。

3. 試験結果と考察

(1) 鉄筋のロット・製造方法の違いによる影響

図 3 に同ロットでの引張荷重値と EM センサーでの計測値の関係を示す。実線は引張荷重値と EM センサーでの計測値が等しい時の直線である。図より明らかなように同メーカーの同ロットの鉄筋 (T-a, T-b, T-c) では、EM センサーでの計測値は実際の引張力と高い精度で一致しており、ロット内での差はごく僅かであることがわかる。図

4 にロットの異なる鉄筋での引張荷重値と EM センサーでの計測値の関係を示す。同メーカーのロットの異なる鉄筋 (S-1, S-2) でも、EM センサーでのそれぞれの計測値は実際の引張力と高い精度で一致しており、同メーカーのロット間での差はごく僅かであることがわかる。図 5 に製造方法の異なる高炉鉄筋 A と電炉鉄筋 B との引張荷重値と EM センサーでの計測値の関係を示す。図より無応力状態での計測値が約 15kN (23 N/mm²) 違っているが、その増加勾配は大変よく一致している事がわかる。以上より、応力の増分に関してはロット・製造方法の違いによらず良い精度で測定が可能であるが、製造方法が異なると無応力状態での測定値に差がでることがわかる。

(2) センサーの設置位置の影響

図 - 2 示すように、鉄筋とセンサーの中心軸をずらした時の引張荷重値と EM センサーでの計測値の関係を図 - 6 に示す。図より明らかなように芯ずれによる計測値の差は最大約 4kN (6 N/mm²) と僅かなことがわかる。

(3) 配力筋の影響

引張鉄筋単独で載荷した場合と、引張鉄筋に配力筋を配置して載荷した場合とでの計測値の差は約 4kN (6 N/mm²) と僅かであった。なお外部の磁気の影響遮断対策として、EM センサーの外周は鋼製シールドで覆っている。

4. まとめ

(1) EM センサーを鉄筋に適用する場合、応力の増分に関してはロット・製造方法によらず精度の良い測定が可能である。なお、無載荷状態での計測値には製造方法の違いにより若干の差が生じる。(2) センサーの設置精度の影響は僅かである。(3) 配力筋の影響は僅かである。

参考文献

1) 羅 黄順 : EM センサーによる PC 鋼材の実応力測定、プレストレストコンクリート Vol. 43, No. 6, Nov. 2001

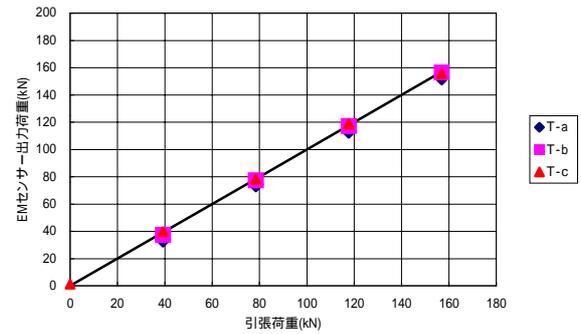


図 - 3 同ロット内での比較

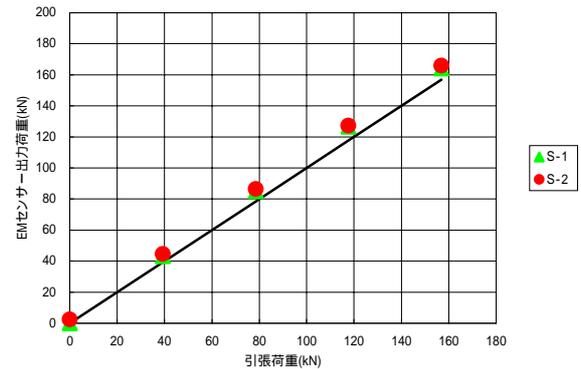


図 - 4 ロット間の比較

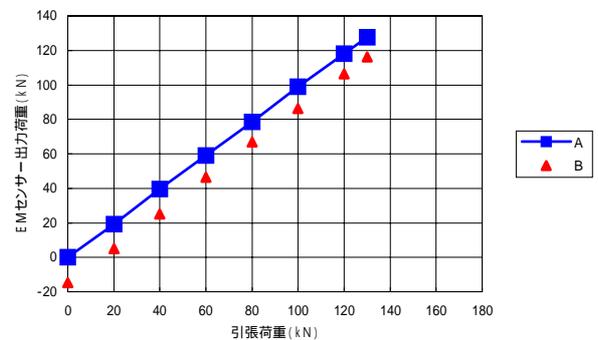


図 - 5 製造方法による違い

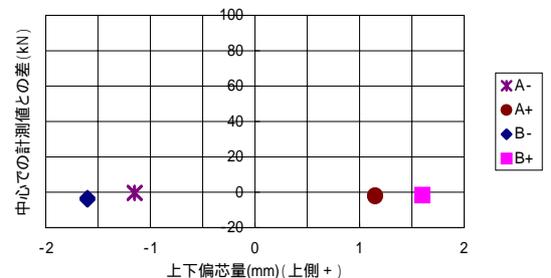


図 - 6 鉄筋とセンサーの偏芯の影響