

E M センサ による プレストレス力の 計測

木更津工業高専・環境都市工学科 正会員 ○黒川 章二
 (株)計測リサーチコンサルタント 正会員 羅 黄順
 イリノイ大学・先端センサ技術開発センター Ming.L.Wang
 木更津工業高専・環境都市工学科 正会員 嶋野 慶次

1. まえがき

鋼材の磁気特性を検出して、鋼材の応力を計測しようとする EM センサが開発された[1]。EM センサを使用すれば、鉄筋用棒鋼、PC 鋼材において、残存応力を含めた実応力を容易に精度よく測定することができる[2]。EM センサはプレストレス力計測に好適であると考えられる。そこで、外ケーブル PC 梁の導入プレストレス力について EM センサによる計測実験を行った。ここではその実験結果について報告する。

2. E M センサ

図1は鋼材のヒステリシス環線である。鋼材の特性として、微分透磁率と応力および温度との関係を精度よく表式化することができる。図2に示す EM(Elasto-Magnetic)センサは、1 次コイルおよび 2 次コイル、温度センサからなる。1 次コイルにパルス電圧を印加して鋼材の磁束密度を変化させ、2 次コイルに発生した誘導電流の電圧を測定

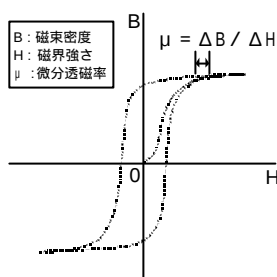


図1 ヒステリシス環線

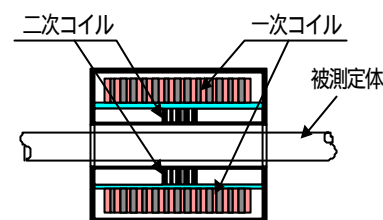


図2 E M センサ

して鋼材の透磁率を計ることができる[3]。予め、まだ荷重を受けたことがない鋼材において応力を透磁率と温度の関数で表す。現場で鋼材の透磁率と温度を測定すればその応力を計測することができる。

3. 供試体およびセンサ設置状況

供試体は外ケーブル方式の PC 梁である。供試体およびセンサ設置状況を図3、PC 梁の断面を図4、コンクリートの示方配合を表

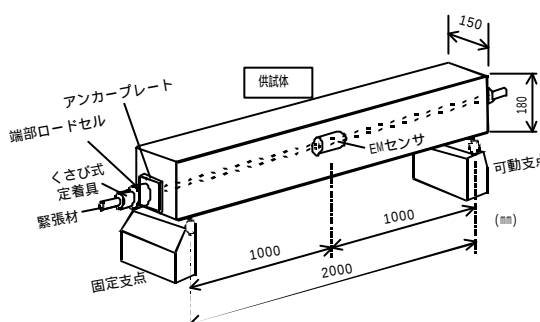


図3 供試体およびセンサ設置状況

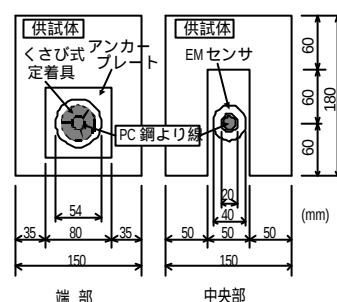


図4 PC 梁の断面

1、供試体の性質を表2に示す。コンクリート用材料は、普通ポルトランドセメント、千葉県房総産山砂および山砂利である。緊張材として SWPR7BN φ 15.17mm 鋼より線を用いた。梁は、長さが 2100mm、有効高さが 120mm であり、100mm 間隔でスターラップを配置した。材齢 71 日でプレストレスを導入した。鋼より線引張強度の 70%まで緊張したところでくさびにより定着した。スパン中央の緊張材に EM センサを装着し、ストレインゲージを貼付した。PCF1 においてはアンカープレートとくさび定着との間にロードセルを装着した。

表1 コンクリートの示方配合

最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤 (m)
20	7.5	5.0	47	40.9	160	340	720	1060	34

表2 供試体の性質

供試体の 記号	コンクリートの強度およびヤング係数 (N/mm ²)			導入直後のプレストレス力 (kN)	
	圧縮強度	引張強度	ヤング係数	端部ロードセル	EMセンサ
PCS1	35.4	2.96	28900	-	134
PCF1	35.4	2.96	28900	128	139

キーワード：鋼材の応力計測、EM センサ、微分透磁率、PC 梁、プレストレス力

連絡先：〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1, Tel/Fax 0438-30-4156, e-mail kurokawa@c.kisarazu.ac.jp

4．引張試験における鋼材の応力計測

ひずみセンサによる計測には、図5に示すように、素線に貼付のストレインゲージによる方法と変位計による方法がある。StraingageWでは荷重方向のひずみと一致しない。実験結果(図6)によれば、ヤング係数は、StraingageWおよびStraingageAのひずみを用いるとそれぞれ210および191kN/mm²となった。PC梁の緊張材に貼付のストレインゲージによるひずみ測定からの応力算定において、ヤング係数210および191kN/mm²を用いた場合をそれぞれStraingageWおよびStraingageAと呼び、それぞれによるプレストレス力を比較する。

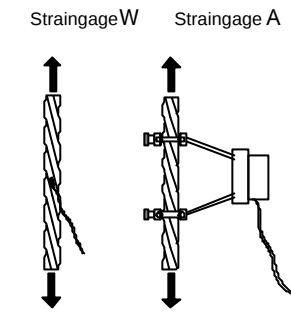


図5 鋼より線に装置したひずみセンサ

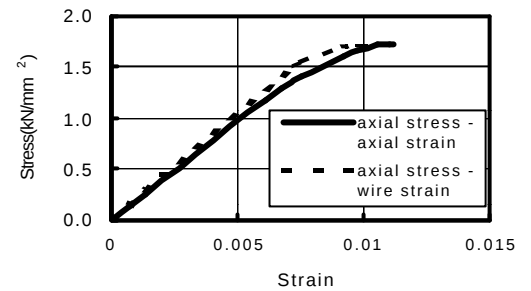


図6 鋼より線の応力ひずみ曲線

EMセンサによる応力計測は、降伏荷重までは19.6kN毎に、その後わずかな荷重刻みで行った。実験結果を図7に示した。試験機のロードセル指示値に対するEMセンサ計測値の絶対誤差百分率の平均値は1.7%である。すなわち、鋼材応力の全範囲の計測にEMセンサの利用が可能であるといえる。

5．緊張時のプレストレス力計測

ジャッキロードセル指示値で19.6kN毎に、EMセンサ、ストレインゲージ、定着部のロードセル(PCF1のみ)によるプレストレス力の計測を行った。各種センサによる計測結果について比較する。PCS1の実験結果を示す図8によれば、EMセンサ、StraingageW、StraingageAの順にジャッキロードセルに近い値を示した。PCF1の実験結果を示す図9によれば、EMセンサ、定着部ロードセル、StraingageW、StraingageAの順にジャッキロードセルに近い値を示した。いずれの梁も摩擦抵抗がないことから、本実験の範囲ではジャッキロードセルに最も近い値を示すEMセンサが最適のプレストレス力計測方法であるといえる。

6．まとめ

(1) 鋼より線のほぼ全応力範囲において、EMセンサにより高精度の応力計測ができる。

(2) 本実験の範囲では、EMセンサが最適のプレストレス力計測方法である。

7．参考文献

- [1] Wang, M.L., and Chen, Z.: Magneto-elastic permeability measurement for stress monitoring in steel tendons and cables, Proc.of the SPIE 7th Annual Symposium on Smart Structures and Materials, Health Monitoring of the Highway Transportation Infrastructure, Vol.3995, pp492-500,2000
- [2] 黒川章二, 羅黄順, Ming,L.Wang, 嶋野慶次: 磁歪センサによる各種鋼材の応力計測、プレストレストコンクリート技術協会 第11回シンポジウム論文集、pp.101-106, 11, 2001
- [3] 羅黄順: EMセンサーによるPC鋼材の実応力測定、プレストレスト技術協会 プレストレストコンクリート、Vol.43, No.6, pp.99-103, Nov. 2001

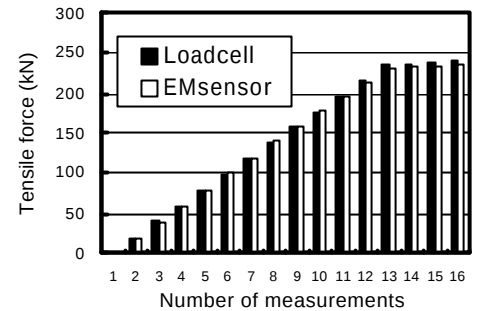


図7 引張試験における引張力計測値

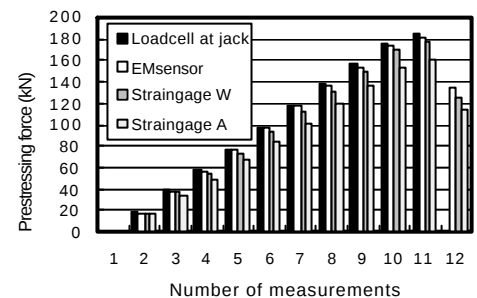


図8 PCS1におけるプレストレス計測結果

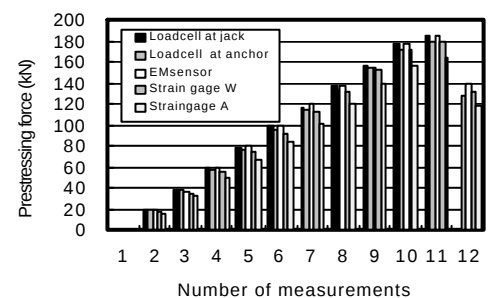


図9 PCF1におけるプレストレス力計測結果