

コンクリート鉄筋応力計の出力特性

農村工学研究所 正会員 ○浅野 勇  
 農村工学研究所 向後 雄二  
 農村工学研究所 林田 洋一

1.はじめに

マスコンクリート構造物の鉄筋応力の測定には鉄筋計が広く用いられている。しかし、鉄筋計の挙動特性は十分明らかにされていない。鉄筋計の計測値から真の鉄筋応力を求めるためには、外荷重、付着特性、コンクリート物性、温度などの諸条件が鉄筋計に与える影響を明らかにする必要がある。本報では、コンクリートと鉄筋計が一体となって挙動すると仮定し、外荷重、コンクリートの圧縮クリープ、温度変化が鉄筋計に与える影響について検討した。

2.実験概要

3 ケースの実験を行った。ケース 1 では外荷重、ケース 2 ではコンクリート圧縮クリープ、ケース 3 では温度変化が鉄筋計応力に及ぼす影響を調べた。試験条件を表 1 に示す。

表 1 試験条件

試験ケース	要因	荷重条件	温度条件	試験材齢	鉄筋径	鉄筋計No
1	外荷重	圧縮強度の1/3, 引張強度の1/10の荷重を繰り返し載荷	24~25℃	7日	D16	JM4016
2	クリープ	応力比20%を1日, 応力比40%を7.4日持続載荷		28日	D10	JM2043
3	温度変化	応力比20%を1日, 応力比40%を1日持続載荷	20~40℃で変化	28日	D16	JM4018

15×15×30cmの角柱の中心に鉄筋計を埋設した供試体を作製し、試験に供した。鉄筋計の設置方法を図1に示す。供試体端面には引張荷重を載荷するため4本のボルトを埋め込んだ。鉄筋計はひずみゲージ式である。コンクリートの物性は、最大骨材寸法20mm, W/Cが55%, スランプ10cm, 空気量4.1%, 材齢28日の圧縮強度は32.2MPaである。

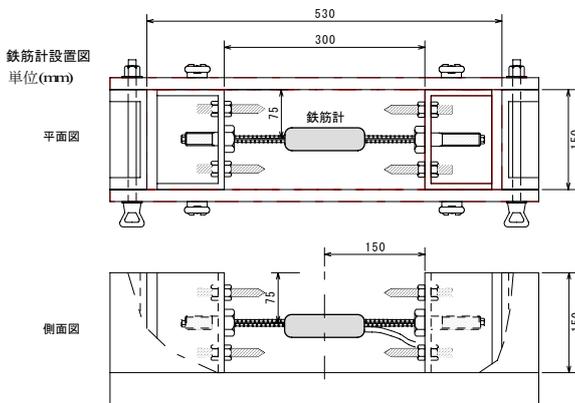


図 1 鉄筋計の設置の概要

各ケースの試験概要を図2に示す。供試体への載荷は油圧試験機(インストロン 8506)を用いた。供試体への作用荷重

は外部ロードセルにより測定した。また、ゲージ長60mmのひずみゲージ(PL-60-11-5LT,株式会社東京測器研究所)を供試体の表裏に貼り付け、供試体の表面ひずみを測定した。圧縮・引張試験の載荷応力速度は0.025MPa/秒である。

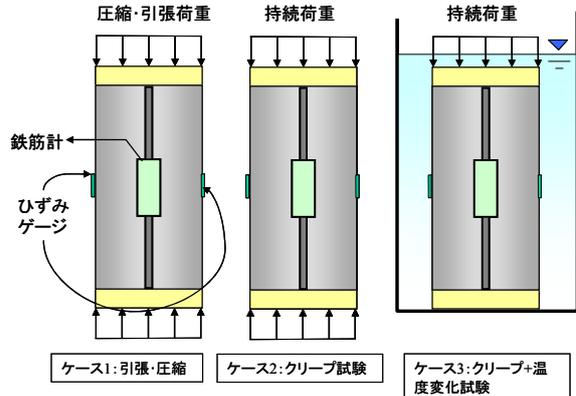


図 2 試験概要

3.鉄筋応力の計算方法

コンクリートと鉄筋が一体的に挙動すると仮定し、供試体への作用応力を $\sigma$ 、コンクリートに発生するクリープひずみを $\epsilon_{cr}$ 、コンクリート及び鉄筋の熱膨張率をそれぞれ $\alpha_c$ 、 $\alpha_s$ 、供試体の温度変化を $\Delta T$ とすれば、圧縮力を受ける角柱鉄筋コンクリートの鉄筋応力 $\sigma_s$ は式(1)~(3)より計算できる<sup>1)</sup>。

$$\sigma_s = \frac{n}{1+np} \sigma \tag{1}$$

$$\sigma_s = \frac{E_s \epsilon_{cr}}{1+np} \tag{2}$$

$$\sigma_s = \frac{E_s (\alpha_c - \alpha_s) \Delta T}{1+np} \tag{3}$$

ここで、 $n$ : 弾性係数比(コンクリートの弾性係数 $E_c$ と鉄筋の弾性係数 $E_s$ の比 $E_s/E_c$ )、 $p$ : 鉄筋比(コンクリートの断面積 $A_c$ と鉄筋あるいは鉄筋計の断面積 $A_s$ の比 $A_s/A_c$ )である。また、供試体の表裏に貼った2枚のひずみゲージの平均値を供試体の表面ひずみ $\epsilon_c$ とすれば、見かけの鉄筋応力 $\sigma_a$ を以下の式から求めることができる。

キーワード 鉄筋応力, マスコンクリート, 挙動観測, クリープ

連絡先 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6 TEL 029-383-7571 FAX 029-383-7570

$$\sigma_a = E_s \varepsilon_c \tag{4}$$

4. 試験結果及び考察

鉄筋計計測値 $\sigma_I$ と計算値 $\sigma_s$ 及び $\sigma_a$ を比較する。

(1) 圧縮引張試験(ケース 1)

試験結果を図3に示す。○記号が鉄筋計応力 $\sigma_I$ 、青実線が(1)式より $n=6.33, p=0.0558$ として計算した鉄筋応力 $\sigma_s$ 、赤実線が $E_s=200\text{GPa}$ として(4)式から計算した見かけの鉄筋応力 $\sigma_a$ を表す。圧縮、引張試験ともに $\sigma_I$ と $\sigma_s$ は良く一致するが $\sigma_a$ は異なった値を示した。 $\sigma_I$ と $\sigma_a$ の値が異なるのは、鉄筋計計測部の断面積が鉄筋断面積の10倍以上と極めて大きいためと考えられる。このため、供試体中央部の鉄筋比 $p$ は一般の鉄筋コンクリートの10倍以上となり、そのため鉄筋に分担される応力が減少したと推定できる。

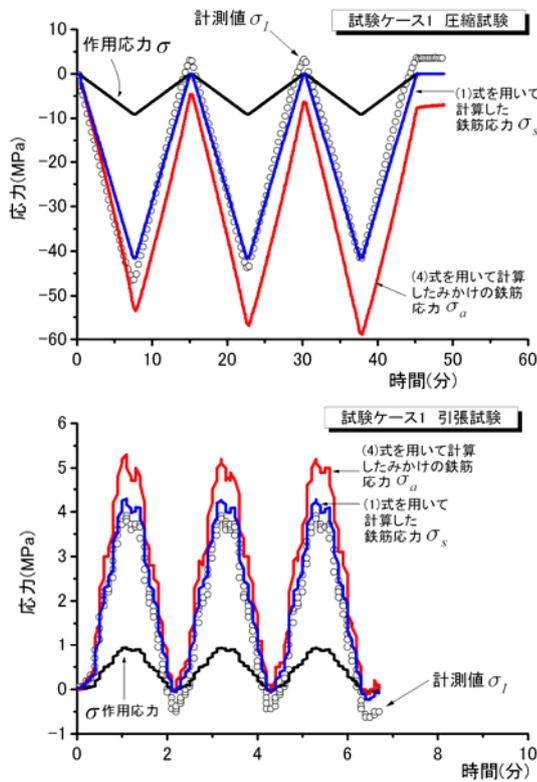


図3 圧縮・引張試験結果

(2) 圧縮クリープ試験(ケース 2)

試験結果を図4に示す。コンクリートの圧縮クリープが増加するに従い、鉄筋計の計測値 $\sigma_I$ は圧縮側に増加した。図の赤線は鉄筋応力 $\sigma_s$ を表す。 $\sigma_s$ は、(2)式を用いて、 $n=6.33, p=0.0380$ 、クリープひずみ $\varepsilon_{cr}$ を供試体表面ひずみ $\varepsilon_c$ から求め計算した。試験開始から24時間後に応力比40%の圧縮荷重を載荷すると、その後10時間程度はクリープが急激に増加する。この期間の $\sigma_s$ の応力増加量は $\sigma_I$ のそれに較べ大きい。しかし、試験開始50時間以降の挙動を見ると、両者の応力増加傾向はほぼ等しい。すなわち、載荷初期を除けば、 $\sigma_s$ と $\sigma_I$ の挙動傾向はほぼ一致した。

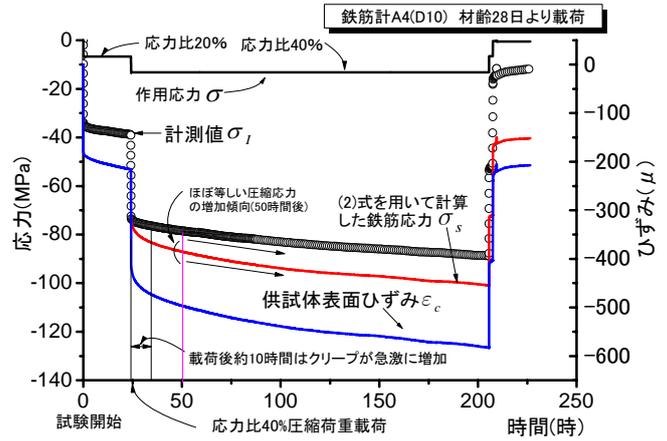


図4 クリープ試験結果

(3) 温度変化試験(ケース 3)

試験結果を図5に示す。図5の上段のグラフから、供試体温度が上昇・降下するとき、鉄筋計計測値 $\sigma_I$ は圧縮側・引張側に変化することがわかる。これは、鉄筋の熱膨張係数 $\alpha_s$ がコンクリートの熱膨張率 $\alpha_c$ より大きいためと考えられる。図5の下段のグラフは鉄筋計計測値 $\sigma_I$ と供試体温度の関係を示す。図中の○記号が $\sigma_I$ を、赤線が鉄筋応力 $\sigma_s$ を表す。 $\sigma_s$ は(3)式で $\alpha_c=10 \times 10^{-6}/\text{C}$ 、 $\alpha_s=11.7 \times 10^{-6}/\text{C}$ 、 $n=6.33, p=0.00875$ として求めた。グラフから、温度変化に伴い、 $\sigma_I$ はループ状のヒステリシスを示すことがわかる。 $\sigma_s$ は $\sigma_I$ が描くループの傾きに等しい直線とほぼ等しくなった。

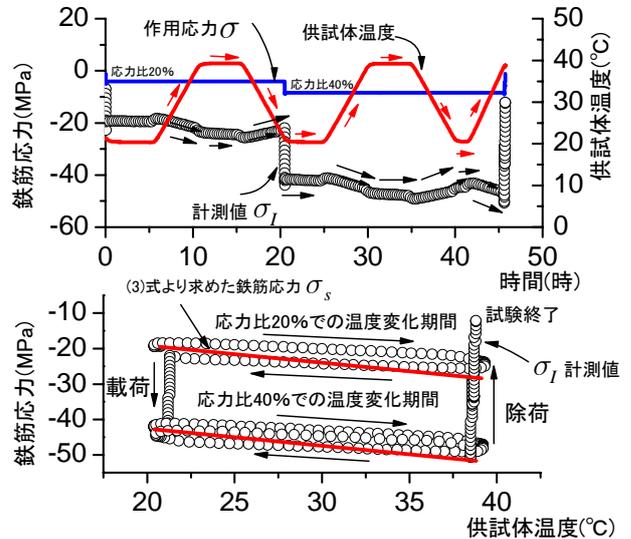


図5 温度変化試験結果

5. まとめ

鉄筋計の計測値は、鉄筋とコンクリートが一体となり挙動するという仮定の基に導かれた(1)~(3)式から計算される鉄筋応力値とほぼ一致することがわかった。今後は、実際のコンクリート構造物の鉄筋応力の経時変化について検討を行う。

参考文献

1)吉川 弘道(1995):鉄筋コンクリートの解析と設計,丸善株式会社, pp.31-39.