

交番载荷を受ける鉄筋の応力・歪関係について

鹿児島大学 正 員○松本 進  
川内職訓短 正 員 出口秀史  
鹿児島大学 白石博美  
鹿児島大学 学生員 吉村隆裕

1. まえがき

過去に、交番载荷を受けた鉄筋の応力・歪関係に関する研究はかなり多く行なわれており、それらの中でも、代表的なものとしてはRamberg-Osgoodの応力・歪履歴曲線が挙げられる<sup>1)</sup>。しかしながら、これらの応力・歪関係には、(1)適用できる鉄筋の最大歪が $20000 \times 10^{-6}$ 程度と小さい。(2)応力を求めるに当たっては試行錯誤法(Try and Error Method)によって求めるため不便である。(3)交番载荷時における鉄筋の最大応力度が決められず、論理的に矛盾を有している 等で全てのケースにわたって上記の応力・歪関係を適用するには問題があるようであるので、本研究では上記の事情を踏まえた上で交番载荷を受ける鉄筋の応力・歪関係の新しいモデルを提案しようとするものである。

2. 実験の概要

図-1は実験供試体を示したもので、試験部の長さは40mmで、中央部の径 $\phi$ を19mmとしたものである。なお、供試体の上下端部は交番载荷の都合上、ネジ加工を施している。使用鋼材の機械的性質は表-1に示すようである。SD30クラスのものである。

図-2は交番载荷実験の装置の概略を示したもので、供試体上端部は両動オイルジャッキに取り付けられたロードセルにネジで止められ、これがテストイング・フレームに固定されている。一方、供試体下端部はネジを有する鋼板にネジどめされ、この鋼板はPC鋼棒を介してテストイング・フロアに固定されている。なお、このPC鋼棒には、引張载荷のときに鋼板が浮上らないように1本当たり5tのプレストレスを導入している。。最終的には、実験供試体はテストイング・フレームとテストイング・フロアで固定されることになり、载荷は図中の両動オイルジャッキによって、供試体に引張および圧縮力を与えるものである。

図-3は载荷方法の概略を示したもので、基本的には以下の3種類がある。

- (a) 引張歪を漸増させながら、圧縮の最大歪を常に一定(図中では歪が零のところ)とする。
- (b) 引張歪を漸増させると共に圧縮歪も同じ割合で漸増させる。
- (c) ある歪を起点にして、引張歪および圧縮歪を漸増・漸減させる。

歪の計測に関しては、図-1に示したように測定断面A~A'に歪ゲージ(東京測器研究所製YL-5)を4枚貼付し、曲げの影響が入らぬように1ゲージ法の結線を施した。測定は、上記の鉄筋歪およびロードセルの歪をペンレコーダーにて連続的に記録した。

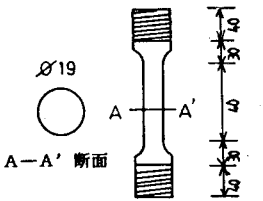


図-1 実験供試体

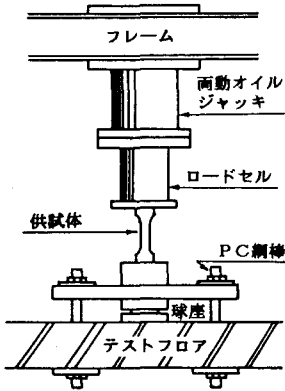


図-2 実験装置

表-1 鉄筋の機械的性質

| 鉄筋 | 降伏点   | 降伏点応力度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1  | SD-30 | 3368                             | 5415                           |

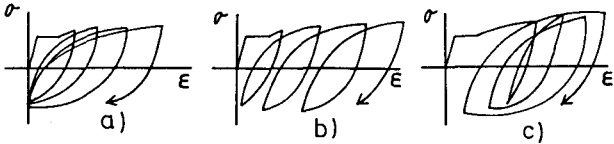


図-3 载荷方法

### 3. 解析方法

(1) 応力・歪曲線について：次式(1)は、本方法による交番载荷時の応力・歪関係を双曲線関数で表現したものである。

$$\sigma_n = \varepsilon / (a + b\varepsilon) \quad \cdots (1) \quad |d\sigma_n/d\varepsilon|_{\varepsilon=0} = 1/a \quad \cdots (2)$$

$$|\sigma_n|_{\varepsilon \rightarrow \infty} = 1/b \quad \cdots (3)$$

この応力・歪曲線の特徴は、(1)定数  $1/a$  は原点における鉄筋の初期弾性係数 (2)定数  $1/b$  は最大応力度を示すところにある。

(2)解析方法：まず、実測の各交番载荷時の応力・歪曲線から、最小二乗法によって(1)式による定数  $a$ ,  $b$  を求める。次に、定数  $a$ ,  $b$  は交番载荷の履歴に伴って当然のことながら変化することが予想されるので、これらの定数  $a$ ,  $b$  と繰返回数  $n$ , 前回の载荷により生じた塑性歪  $\varepsilon_{ip}$  との間に重線形解析を行なうことにより、定数  $a$ ,  $b$  を  $n$ ,  $\varepsilon_{ip}$  の関数として実験的に求めた。従って最終的には、定数  $a$ ,  $b$  は次式で表わされることになる。

$$a = a_0 + a_1 \cdot n + a_2 \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (4)$$

$$b = b_0 + b_1 \cdot n + b_2 \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (5)$$

ただし、 $a_0 \sim a_2$ ,  $b_0 \sim b_2$ ；重線形回帰分析より得られる定数

### 4. 実験結果および考察

(1)図-4は、実測の応力・歪曲線の一例を示したもので、繰返しに伴うラウンディングが現われ交番载荷の応力・歪の特徴がよく出ている。双曲線関数で求めた応力・歪関数は、図中黒丸で示しているが、実験全数に対して相関係数はほぼ1.00程度であった。

(2)図-5～図-8は、双曲線関数(1)の係数  $a$ ,  $b$  と繰返し回数  $n$ , 前回受けた塑性歪  $\varepsilon_{ip}$  との実測の関係を、引張载荷および圧縮载荷のそれぞれについて示したものである。得られた結果はそれぞれ次式で表わされるものとなった。

(引張载荷)

$$a = 0.505 \cdot 10^{-6} + 0.989 \cdot 10^{-8} \cdot n$$

$$a = 0.342 \cdot 10^{-6} + 0.121 \cdot 10^{-4} \cdot \varepsilon_{ip}$$

$$b = 0.190 \cdot 10^{-3} - 0.261 \cdot 10^{-5} \cdot n$$

$$b = 0.185 \cdot 10^{-3} - 0.455 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon_{ip}$$

(圧縮载荷)

$$a = 0.805 \cdot 10^{-6} + 0.244 \cdot 10^{-7} \cdot n$$

$$a = 0.806 \cdot 10^{-6} + 0.445 \cdot 10^{-5} \cdot \varepsilon_{ip}$$

$$b = 0.229 \cdot 10^{-3} - 0.762 \cdot 10^{-5} \cdot n$$

$$b = 0.239 \cdot 10^{-3} - 0.154 \cdot 10^{-2} \cdot \varepsilon_{ip}$$

(3)重回帰分析の結果は次の通りとなった。

$$\text{引張载荷: } a = 0.385 \cdot 10^{-6} - 0.304 \cdot 10^{-7} \cdot n + 0.180 \cdot 10^{-4} \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (6)$$

$$b = 0.190 \cdot 10^{-3} - 0.304 \cdot 10^{-5} \cdot n + 0.132 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (7)$$

$$\text{圧縮载荷: } a = 0.838 \cdot 10^{-6} + 0.728 \cdot 10^{-7} \cdot n - 0.757 \cdot 10^{-5} \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (8)$$

$$b = 0.219 \cdot 10^{-3} - 0.930 \cdot 10^{-5} \cdot n + 0.657 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon_{ip} \quad \cdots (9)$$

(4)上記の重回帰分析結果を使って、歪の再現性を検討した結果、図-9に示す通り両者の間には良い一致が認められる。

### 5. あとがき

既往の研究結果と本研究結果との比較検討については、講演時に明らかにしたいと考えている。

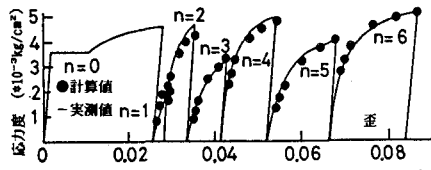


図-9 本方法による応力・歪の再現の一例

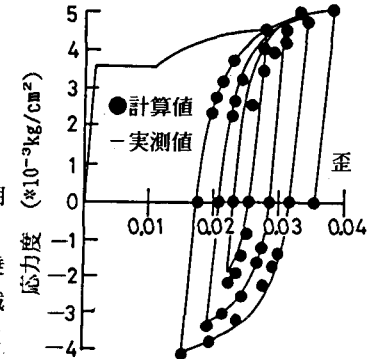


図-4 交番载荷時の応力・歪関係

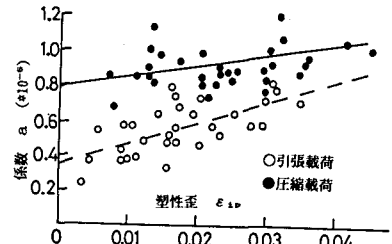


図-5 係数  $a$  と塑性歪  $\varepsilon_{ip}$  との相関

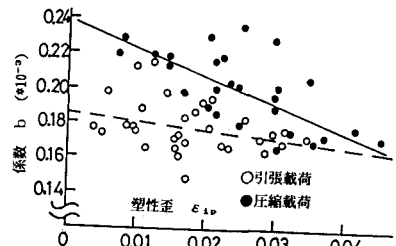


図-6 係数  $b$  と塑性歪  $\varepsilon_{ip}$  との相関

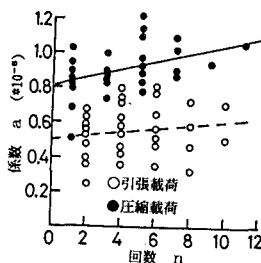


図-7 係数  $a$  と回数  $n$  との相関

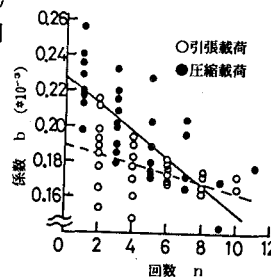


図-8 係数  $b$  と回数  $n$  との相関