

日本大学 理工学部 正員 柳 沼 善 明  
北 田 勇 輔

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の設計に終局強度理論を導入することにより、部材の使用限界状態に対する検討が重要になると思われる。また、高強度のコンクリートや鉄筋の使用により、部材はかなり軽く、幅、高さともに小さくなる可能性がある。したがって、変形やひびわれ等に対する検討がますます重要であると思われる。本研究は、曲げを受ける鉄筋コンクリートばり（以下ははりと呼ぶ）のたわみ計算方法について検討したものである。

2. 供試体

実験に用いたはり単鉄筋長方形ばりで、図-1のように二点載荷で静的に曲げ破壊させた。はりせん断スパン比  $l/d = 6$  で一定とし、寸法を表-1に示した。載荷点幅の異なるはり、各タイプごとに鉄筋比を約1.25%から2.5%まで4種に変化させた。スターラップはD10を10cm間隔に交点と載荷点との間におき配置した。使用した鉄筋の材質はすべてSD30であった。

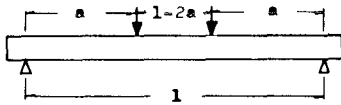


図-1 載荷方法

表-1 寸法と強度

| Type | a<br>cm | 1-2a<br>cm | l<br>cm | b<br>cm | d<br>cm | $\sigma_{cy}$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_{ct}$<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------|---------|------------|---------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A    | 120     | 40         | 280     | 15      | 20      | 209                                 | 16.0                                |
| B    | 120     | 80         | 320     | 15      | 20      | 212                                 | 17.0                                |
| C    | 120     | 120        | 360     | 15      | 20      | 258                                 | 17.9                                |

3. たわみの計算方法

次のような仮定のもとにたわみの計算を行なった。クラック発生前はコンクリートの引張抵抗を考慮し、クラック発生から破壊までは引張抵抗を無視した。コンクリートの応力分布は圧縮、引張ともに二次曲線と直線との組み合わせとした。たわみの計算は、はり断面に曲げ剛性  $K (=EI)$  が一定でないものとして求めた。

コンクリートの応力分布の二次曲線を、圧縮側を  $\sigma_c = a_c \varepsilon^2 + b_c \varepsilon$ 、引張側を  $\sigma_{ct} = a_t \varepsilon^2 + b_t \varepsilon$  とすると計算式は次のようになる。

(1) クラック発生までの  $K, M$  値

$$M_c = b \left\{ \frac{a_c}{4} \left( \frac{E t u}{h - x} \right)^2 x^4 + \frac{b_c}{3} \left( \frac{E t u}{h - x} \right) x^3 \right\} + A_s E_s E_s (d - x) \\ + b \left\{ \frac{a_t}{4} \varepsilon_t^2 + \frac{b_t}{3} \varepsilon_t \right\} (h - x)^2 \alpha^2 + \frac{1}{2} b \sigma_{ct} (h - x)^2 (1 - \alpha^2) \quad \dots \dots \dots (1)$$
$$K_c = \frac{M_c (h - x)}{E t u} \quad \dots \dots \dots (2) \quad \text{ただし } \alpha = \frac{E t y}{E t u}$$

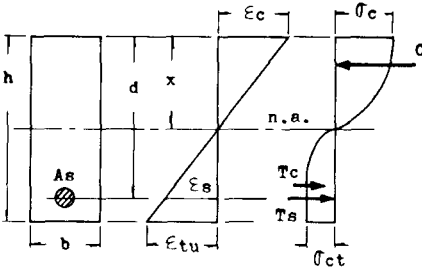


図-2 引張抵抗を考慮

(2) クラック発生後

$$M = b \left\{ \frac{a_c}{4} E_c \varepsilon_c^2 x^2 + \frac{b_c}{3} E_c \varepsilon_c x^3 \right\} + \frac{1}{2} \sigma_{cy} b (x^2 - x_1^2) \quad \dots \dots \dots (3)$$
$$K = \frac{M x}{E_c} \quad \dots \dots \dots (4) \quad \text{ただし } x_1 = \frac{E_c y}{E_c}$$

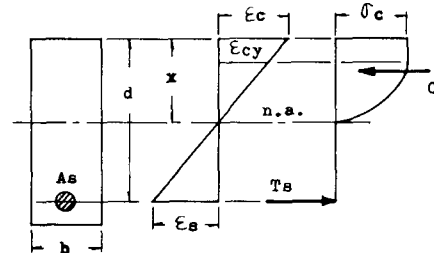


図-3 引張抵抗を無視

ここに、 $C$  はコンクリートのうけもつ圧縮力、 $T_c$  はコンクリートのうけもつ引張力、 $T_s$  は鉄筋のうけもつ引張力、 $d$  は有効高さ、 $b$  ははりの幅、 $h$  ははりの高さ、 $x$  は中立軸までの距離、 $A_s$  は鉄筋量、 $E_s$  は鉄筋の弾性係数、 $\sigma_{cy}$  はコンクリートの圧縮強度、 $\sigma_{ct}$  はコンクリートの引張強度、 $\varepsilon_c$  はコンクリートの圧縮ひずみ、 $\varepsilon_{cy}$  はコンクリートの最大圧縮応力度時の圧縮ひずみ、 $\varepsilon_{ty}$  はコンクリートの最

大引張応力度時の引張ひずみ、 $\epsilon_{tu}$ はコンクリートの引張極限ひずみである。

#### 4. 結果と考察

図-4にK値の計算値と実測値との比較を示した。K値は、クラック発生後急激に減少し、鉄筋の降伏後も急激に減少している。図-5にたわみの計算値と実測値との比較を示した。クラック発生までコンクリートの引張抵抗を考慮した計算値は、無視した計算値よりもクラック発生の付近でたわみの実測値と良く一致している。クラック発生時のモーメントとたわみの計算値と実測値との比較を図-6、7に示した。クラック発生時のモーメントの計算値は実測値よりも大きな値を示している。これは、コンクリートの引張側の応力分布の仮定によるものと思われる。図-8、9に $M_y$ 、 $\delta_y$ の計算値と実測値との比較を示した。 $M_y$ の計算値は10%以内にあり、 $\delta_y$ の計算値は15%以内に分布している。

#### 5. おわりに

載荷点幅の異なるはりを用いて実験を行なった結果、はりのクラック発生時のモーメント、たわみの計算値はばらつきが大きくなっているが、はりの降伏モーメント、ならびに降伏時のたわみの計算値は実測値と良く一致している。

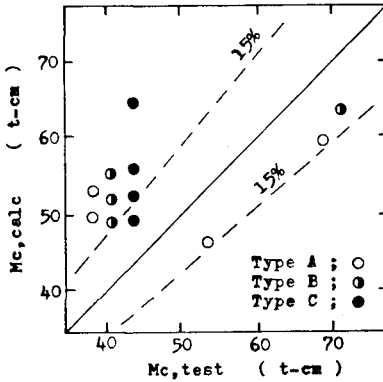


図-6  $M_c, calc - M_c, test$

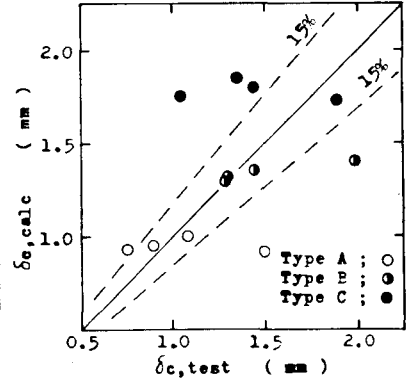


図-7  $\delta_c, calc - \delta_c, test$

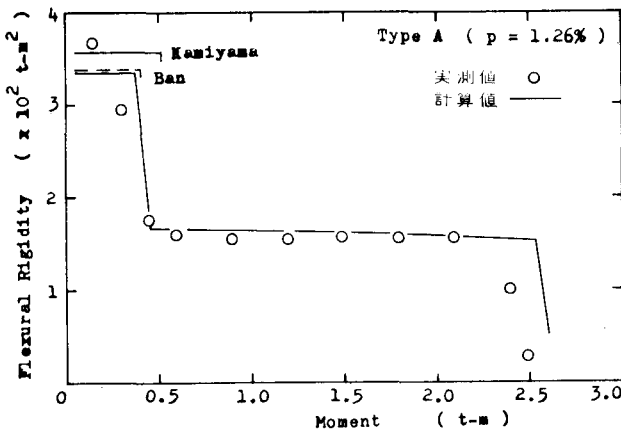


図-4 Flexural Rigidity - Moment

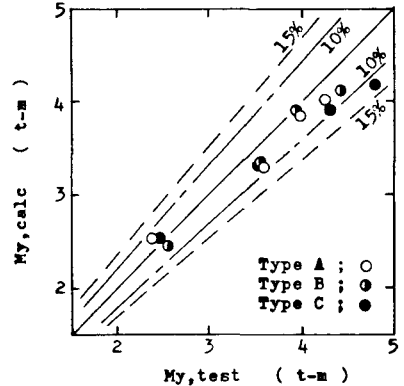


図-8  $M_y, calc - M_y, test$

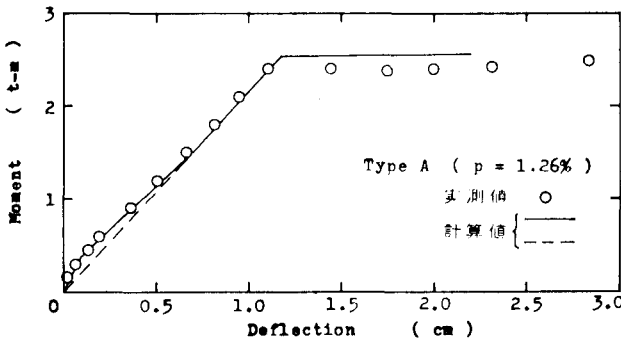


図-5 Moment - Deflection

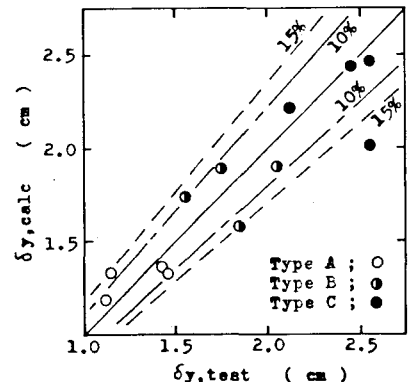


図-9  $\delta_y, calc - \delta_y, test$