

日本大学理工学部 正員 ○ 柳 沼 善 明  
 “ “ “ 関 慎 吾  
 “ “ “ 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、あるいは高強度のコンクリートや鉄筋の使用により、結果的にはかなり軽く、薄い曲げ部材が使用される可能性がある。したがって、曲げ部材の使用限界状態に対する検討が重要になってくると思われ、特に変形やひびわれに関する検討は重要であると思われる。

鋼構造物においては、材料の持つ延性を加味した、すなわち塑性ヒンジの生成を考慮した塑性設計が行なわれ破壊に対する安全率が明確にされている。鉄筋コンクリート部材に明確な安全率を持つ設計方法を導入するためには曲げ部材の破壊に近い状態における変形を考慮する必要があるものと思われる。

そこで、本研究は鉄筋コンクリートばり（以下RCばり）の降伏時、破壊時との曲げモーメント、曲率との関係について調べることを主な目的とした。実験は、鉄筋比とコンクリートの圧縮強度を変化させ、載荷点幅を変化させて行なった。

## 2. 計算方法

計算式は次の仮定を設けて導いた。

- ①平面保持。②圧縮をうけるコンクリートの応力とひずみとの関係は二次式と直線との組み合わせとする。③コンクリートの引張抵抗は無視。④コンクリートは圧縮終局曲げひずみ  $\epsilon_{cu}$  で破壊する。⑤鉄筋の応力とひずみとの関係は降伏点までは弾性体で、それ以降は破断まで塑性的性質を示す。

図-1から曲げモーメント  $M$ 、曲率  $\phi$  の計算式は長方形断面の場合次のようになる。

(1) RCばりの降伏時

$$\frac{M_y}{b d^2 \sigma_{cy}} = \alpha_y \cdot \beta_y \cdot (1 - \beta_y \cdot \beta_y) \quad (1)$$

$$\phi_y \cdot d = \frac{\epsilon_{sy}}{1 - \beta_y} \quad (2)$$

(2) RCばりの破壊時

$$\frac{M_u}{b d^2 \sigma_{cy}} = \alpha_u \cdot \beta_u \cdot (1 - \beta_u \cdot \beta_u) \quad (3)$$

$$\phi_u \cdot d = \frac{\epsilon_{cu}}{\beta_u} \quad (4)$$

ここに、 $\sigma_{cy}$ はコンクリートの圧縮強度、 $\epsilon_{sy}$ は鉄筋の降伏ひずみ ( $= \sigma_{sy} / E_s$ )、 $\beta_y$ は降伏時の中立軸比、 $\beta_u$ は破壊時の中立軸比、 $\alpha_y$ と $\beta_y$ 、および $\alpha_u$ と $\beta_u$ はそれぞれ降伏時、破壊時の応力ブロック係数 $\alpha$ 、 $\beta$ である。 $\alpha$ 、 $\beta$ はコンクリートの圧縮ひずみ  $\epsilon_c$ により計算される。中立軸比  $\beta$ は圧縮力  $C$  と引張力  $T$  との力のつりあいから求まる。上式から  $\phi_u / \phi_y$ 、 $M_u / M_y$  は次のように計算できる。

$$\frac{\phi_u}{\phi_y} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{sy}} \cdot \frac{1 - \beta_y}{\beta_u} \quad (5),$$

$$\frac{M_u}{M_y} = \frac{\alpha_u \cdot \beta_u \cdot (1 - \beta_u \cdot \beta_u)}{\alpha_y \cdot \beta_y \cdot (1 - \beta_y \cdot \beta_y)} \quad (6)$$

## 3. 実験結果

実験に用いた供試体は表-1、2に示したRCばりで、荷重の載荷方法(図-2)は二点載荷で静的に曲げ破壊させた。また、せん断力の影響を少なくするためすべてのRCばりは  $a/d = 6$  と一定とした。曲率の実測値は鉄筋とRCばり上面のコンクリートとに貼ったストレインゲージから求めた。

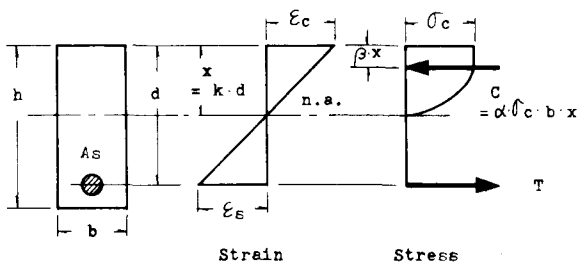


図-1 ひずみ分布と応力分布

$\phi_u/\phi_y$  値の計算値と実測値との比較を図-3に示した。 $\phi_u/\phi_y$  値の(計算値)/(実測値)の平均値は、長方形断面で1.056(±0.259), T形断面で1.148(±0.402)となった。計算値と実測値とはT形断面でばらつきが大きい。長方形断面では良く一致していると思われる。次に、 $\phi_u/\phi_y$  値と  $\phi = p \cdot \sigma_{sy} / \sigma_{cy}$  との関係は計算値により求めると図-4となった。 $\phi$  と  $\sigma_{sy}$  とを一定とした場合、鉄筋比  $p$  を変化させると  $\sigma_{sy}$  の値により  $\phi_u/\phi_y$  値が異なる。したがって、 $\phi_u/\phi_y$  値は  $\phi$  のみの関数としては表示できないものと考えられる。

次に、 $M_u/M_y$  値と  $\phi$  との関係を図-5に示した。 $M_u/M_y$  値の計算値と実測値とを比較すると、(計算値)/(実測値)の平均値は、長方形断面で0.944(±0.065), T形断面で0.913(±0.084)となり、計算値と実測値とは良く一致した。しかし、図-5から、 $\phi$  が小さくなるにしたがい  $M_u/M_y$  値は大きくなる傾向にある。これは、 $\phi$  の小さな範囲で計算値が小さな値となるのは、たとえば、 $\phi = 0.05$ ,  $\sigma_{cy} = 200 \text{ kgf/cm}^2$  としたとき、破壊時の鉄筋ひずみは約  $55000 \times 10^{-6}$  と計算され鉄筋のひずみ硬化が表われてくるが、計算においてはひずみ硬化を考慮していないためと思われる。

表 - 1 はりの形状 (長方形断面)

| Type | b<br>cm | d<br>cm | p<br>%         | $\sigma_{cy}$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | l<br>cm | l-2a<br>cm |
|------|---------|---------|----------------|--------------------------------------|---------|------------|
| A    | 15      | 20      | 0.652<br>~2.55 | 202<br>~350                          | 260     | 20         |
| B    | 15      | 20      | 1.26<br>~2.58  | 209<br>~280                          | 280     | 40         |
| C    | 15      | 20      | 1.24<br>~2.44  | 211                                  | 320     | 80         |
| D    | 15      | 20      | 1.28<br>~2.56  | 263                                  | 360     | 120        |

表 - 2 はりの形状 (T形断面)

| Type | b<br>cm | b <sub>0</sub><br>cm | d<br>cm | t<br>cm | p<br>%         | $\sigma_{cy}$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | l<br>cm | l-2a<br>cm |
|------|---------|----------------------|---------|---------|----------------|--------------------------------------|---------|------------|
| E    | 45      | 15                   | 20      | 8       | 0.637<br>~2.25 | 220                                  | 300     | 60         |
| F    | 65      | 15                   | 20      | 8       | 0.441<br>~1.98 | 220                                  | 300     | 60         |
| G    | 45      | 15                   | 30      | 8       | 0.424<br>~1.90 | 211                                  | 420     | 60         |
| H    | 65      | 15                   | 30      | 8       | 0.520<br>~1.63 | 211                                  | 420     | 60         |

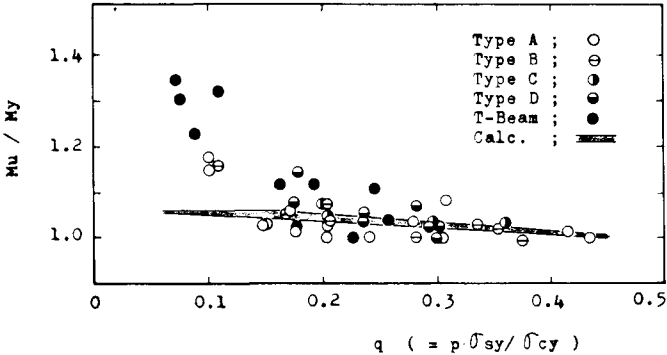


図 - 5  $M_u / M_y - q$

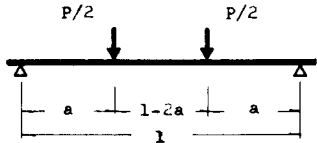


図 - 2 載荷方法

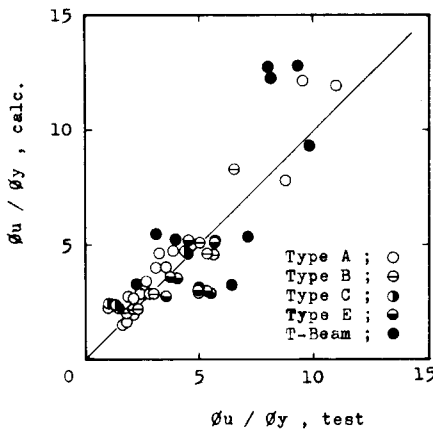


図 - 3  $\phi_u / \phi_y$  の計算値と実測値との比較

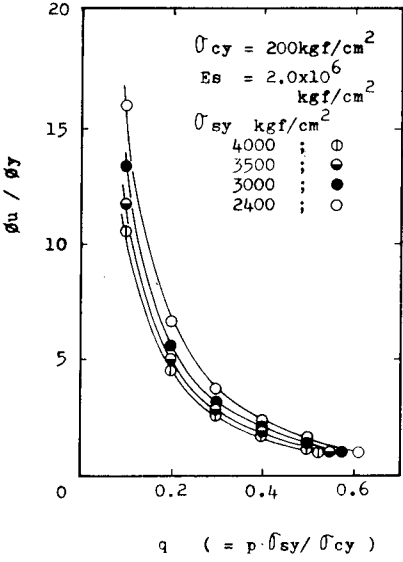


図 - 4  $\phi_u / \phi_y - q$