

V-333 曲げを受ける鉄筋コンクリート桁のコンクリートの応力-ひずみ関係

北海道大学工学部 正員 志村 和紀
 北海道大学工学部 正員 佐伯 昇
 北海道大学工学部 正員 藤田 嘉夫

1. まえがき

鉄筋コンクリート部材中のコンクリートは横方向鉄筋の拘束による靱性の向上などの効果があることが知られている。しかし、曲げを受ける部材の場合、特に、純曲げのように断面内に中立軸があり、引張領域を持つ場合の横方向鉄筋の拘束効果についてはは明らかにされていない。昨年、鉄筋コンクリート単純桁の曲げ試験から圧縮部コンクリートの応力-ひずみ関係を求めることが可能であることを報告したが¹⁾、最大応力の大きさについては明確な傾向が得られなかった。この原因としては、引張鉄筋に用いた異形鉄筋とコンクリートの付着作用の影響、鉄筋の降伏に伴うひずみの飛躍的増大および中立軸が断面上部まで上昇したことによる測定精度の低下などが考えられる。本研究では、引張鉄筋とコンクリートの付着を絶ち、降伏踊り場の無いPC鋼棒を引張鉄筋として用い、また、中立軸を低い位置に抑えることによって、コンクリートの応力-ひずみ関係を精度良く求めることを目的とした。

2. 実験方法

実験に使用したコンクリートは目標強度を 300kg/cm^2 とした。引張鉄筋としてはSBPR 95/110 PC鋼棒(17mm)を用いた。その応力-ひずみ関係は軟鋼とは異なり、降伏踊り場を有さないものである。圧縮鉄筋はSR30丸鋼(6mm)を用いた。断面は図-1(a)に示すように矩形断面とし、有効高さは17cmとした。スターラップはSD30, D10異形棒鋼を閉合型としたものを用い、スターラップ間隔は5cm(No.1)、8cm(No.2)、10cm(No.3)、15cm(No.4)および20cm(No.5)の5種に変化させた。

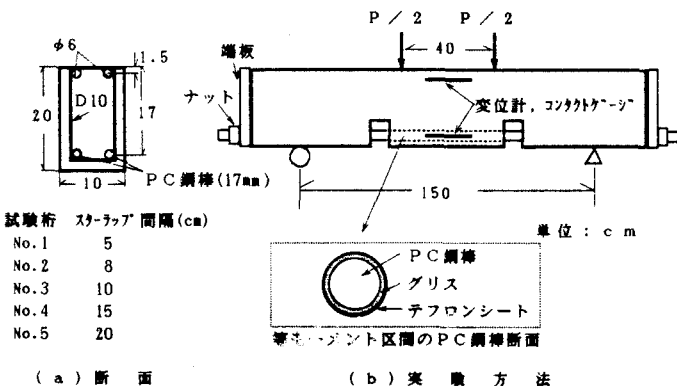


図-1 断面・実験方法

載荷方法は、図-1(b)に示すように2点載荷とした。PC鋼棒は両端をねじ切りし、端板を介してナットによって定着を図った。等モーメント区間のPC鋼棒はコンクリートとの付着を絶つために、グリスを塗りテフロンシートを巻き付けた。載荷点下ではPC鋼棒を露出させ、ひずみゲージにより引張力を測定した。また、等モーメント区間の圧縮鉄筋のひずみをひずみゲージにより、鉄筋位置のコンクリート表面の平均ひずみを変位計およびコンタクトゲージによって測定した。

3. 解析方法

断面の力およびモーメントの釣合を基に、次式のように圧縮縁コンクリートの応力を曲げモーメントおよびひずみによって表すことができる²⁾。

$$\sigma_c = \frac{1}{bd} \left[-A_s \sigma_s \frac{d\epsilon_t}{d\epsilon_c} - A_s' \sigma_s' \left\{ \left(\frac{d\epsilon_t}{d\epsilon_c} + 1 \right) \left(\frac{\epsilon_t - \epsilon_c}{\epsilon_t + \epsilon_c} + \frac{2d'}{d} \right) - 1 \right\} - A_s' \frac{d\sigma_s'}{d\epsilon_c} \left\{ (\epsilon_t - \epsilon_c) + \frac{d'}{d} (\epsilon_t + \epsilon_c) \right\} + \frac{1}{d} \left\{ 2M \left(\frac{d\epsilon_t}{d\epsilon_c} + 1 \right) + \frac{dM}{d\epsilon_c} (\epsilon_t + \epsilon_c) \right\} \right] \dots (1)$$

$\left[\begin{array}{l} \sigma_c: \text{圧縮縁コンクリートの応力, } \sigma_s': \text{圧縮鉄筋応力, } \sigma_s: \text{引張鉄筋応力, } M: \text{曲げモーメント} \\ \epsilon_c: \text{圧縮縁コンクリートのひずみ, } \epsilon_t: \text{引張縁コンクリートのひずみ} \end{array} \right]$

(1)式に実験値をそのまま代入すると測定誤差のために乱れが生じるため、 $M-\epsilon_c$ 、 $\epsilon_t-\epsilon_c$ および $\sigma_c-\epsilon_c$ 関係を実験値を基に平均的な連続曲線で表し、(1)式によりコンクリートの応力-ひずみ関係を得る。なお、数値微分は前後の2点を結ぶ割線の勾配とした

4. 実験結果および考察

No.1~No.5の桁について載荷実験を行った。実験値を3.の方法により処理し、得られたコンクリートの応力-ひずみ関係を図-2に示す。応力はコンクリート円柱供試体による圧縮強度 f_c' に対する比で表した。

これによれば、コンクリートの応力-ひずみ関係における最大応力時のひずみ ϵ_{c0} は0.0019~0.0025であり、応力の大きさ σ_{cmax}/f_c' は0.79~1.11の範囲にあった。

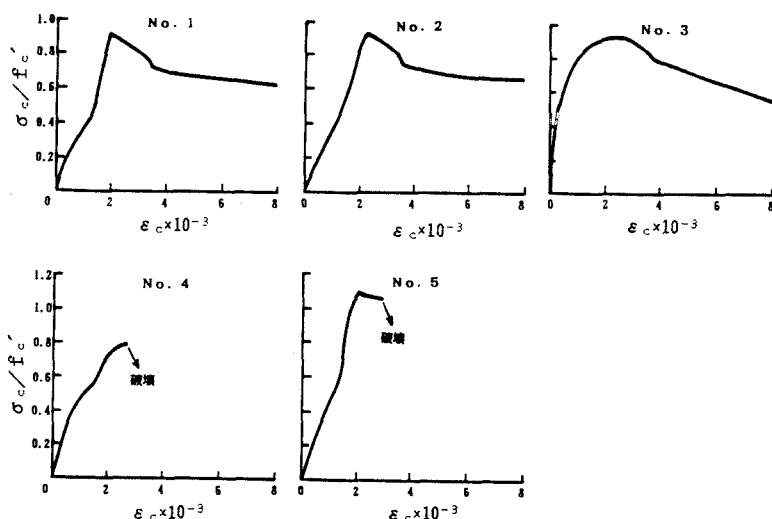


図-2 コンクリートの応力-ひずみ関係

ここで、スターラップ間隔が5~10cmであるNo.1, No.2およびNo.3桁は圧縮縁コンクリートが最大応力に達した以降も荷重は増大したのに対し、スターラップ間隔がそれぞれ15,20cmであるNo.4, No.5桁は最大応力付近で最大荷重となり、急激な破壊を生じた。このことから、No.4およびNo.5桁の最大荷重付近のデータにある程度の誤差が含まれていることが考えられるため、最大応力の検討から除けば、 $\epsilon_{c0}=0.0019\sim0.0022$ 、 $\sigma_{cmax}/f_c'=0.92\sim0.93$ となり、 $\epsilon_{c0}\approx 0.002$ として良く、 σ_{cmax} の値も f_c' を上回らないことが分かる。多くの研究では、コンクリートに対する横方向鉄筋の拘束効果によりコンクリートの最大応力およびその時点のひずみが、拘束を受けない場合に比べ大きくなるとしているが、本実験のような曲げ部材のスターラップの場合は、ひずみ勾配があることおよび引張領域の存在により均一な拘束力が生じず、最大応力時に有効に作用しないものと考えられる。また、No.4およびNo.5桁は最大応力付近で脆性的な破壊を示すのに対し、No.1~No.3桁は緩やかなひずみ軟化を示すことから、スターラップの拘束効果は最大応力到達以降のひずみ軟化領域(falling branch)で靱性の向上として発揮されると考えられる。

5. まとめ

- (1) PC鋼棒を用いることにより鉄筋とコンクリートの付着応力の影響を取り除くことができ、より高い精度でコンクリートの応力-ひずみ関係を求めることができた。
- (2) コンクリートに対するスターラップの拘束効果は最大応力点までは期待することができず、その時のひずみは0.002として良く、応力もコンクリートの圧縮強度とほぼ同等である。
- (3) コンクリートの最大応力到達以降は、スターラップが比較的密に配置されている場合に拘束効果が生じ、部材の靱性の向上に寄与する。

参考文献

- 1) 志村、佐伯、藤田、"鉄筋コンクリート桁の曲げ試験によるコンクリートの応力-ひずみ関係の測定"、土木学会 第45回年次講演会講演概要集、第5部、pp.570~571、1990
- 2) 志村、佐伯、藤田、"鉄筋コンクリート部材の曲げ圧縮部コンクリートの応力-ひずみ関係"、土木学会北海道支部論文報告集、第46号、pp.705~708、1990