

コンクリートに埋め込まれた異型鉄筋の応力分布に関する一考察

若築建設 土木本部技術研究所 (正会員) 壹岐直之
早稲田大学 土木工学科 (フェロー) 清宮 理

1. まえがき

RC部材の使用限界状態の照査として、曲げひびわれの検討がコンクリート標準示方書¹⁾に規定されている。式1)でひびわれ幅を推定し、許容ひびわれ幅以下であることを確認することで検討が行われる。ここに、 w : ひびわれ幅、 k : 鋼材の付着特性を表す定数(異型鉄筋では1.0)、 c : かぶり、 c_s : 鋼材の中心間隔、 f : 鋼材径、 s_{se} : 鋼材応力の増加量、 E_s : 鋼材の弾性係数、 e_{csd} : コンクリートの収縮やクリープの影響を考慮する数値である。また、式1)は、ひびわれの間隔を表す部分: $k\{4c+0.7(c_s-f)\}$ と、コンクリートに埋め込まれた部分の鋼材の平均ひずみを表す部分: $[s_{se}/E_s+e'_{csd}]$ とで構成される²⁾。

$$w = k\{4c+0.7(c_s-f)\} [s_{se}/E_s+e'_{csd}] \quad 1)$$

しかしながら、 s_{se} はひびわれ部での鋼材の応力を用いることとされ、コンクリート内部の平均応力との差は無視されている²⁾。このため、平均応力との差は、ひびわれ間隔を表す部分で考慮されることとなる。式1)は設計上十分な精度を有しているが、定常状態以前のひびわれ幅や、除荷後のひびわれ幅を推定するためには、ひびわれ部での鋼材応力とコンクリート内部の平均応力との差を把握する必要があると考える。

本報告は、鉄筋降伏以前の純引張付着実験により、コンクリート内部の鉄筋応力分布を把握し、載荷端での鋼材の応力とコンクリート内部の平均応力との差異と、さらに、除荷後の残留応力を評価したものである。

2. 実験概要

本報告では2体の供試体での実験結果について述べる。供試体は図-1に示すように、コンクリート断面直径: $f_c=30$ および $f_c=45$ cmの円筒形の中央に、D16ねじ鉄筋を埋め込んだものとした。付着長は $40D$ (D : 鉄筋径15.9mm)とし、載荷端での割裂ひびわれ防止のため付着区間の両側に長さ $10D$ 程度の非付着区間を設けた。鉄筋は降伏応力: $f_y=395\text{N/mm}^2$ 、弾性係数: $E_s=180\text{kN/mm}^2$ 。コンクリートは圧縮強度: $f'_c=44.4\text{N/mm}^2$ 、割裂引張強度: $f_t=6.5\text{N/mm}^2$ 、割線弾性係数: $E_c=32.4\text{kN/mm}^2$ であった。なお、コンクリート打設は鉄筋軸を鉛直にした状態で行った。

鉄筋のひずみは、図-1に示す箇所のひずみゲージで測定した。ひずみゲージは、付着特性に及ぼす影響が最小限になるように山尾ら³⁾の研究を参考にし、載荷中の鉄筋に偏心が無いことを確認するため表裏交互に $5D$ の間隔で貼付けた。載荷方法の概要を図-2に示す。最大引張荷重は鉄筋降伏荷重の78kNとし、その間20,40,60kNで一旦除荷を行った。載荷・除荷の速度は、およそ20kN/minとし、5kN毎に計測を行った。

理論的なひびわれ発生時の鉄筋応力: $f_t \cdot E_s/E_c$ は、 f_c にかかわらず 36.1N/mm^2 となる。また、式1)でのひびわれ間隔: $l=k\{4c+0.7(c_s-f)\}$ は、 $2c=(c_s-f)=(300-15.9)$ 、もしくは $(450-15.9)\text{mm}$ とした場合 $f_c=30\text{cm}$ では76.7cm、 $f_c=45\text{cm}$ では117.2cmとなる。

3. 鉄筋応力分布

鉄筋応力分布を、コンクリート直径30cmについて図-3に、

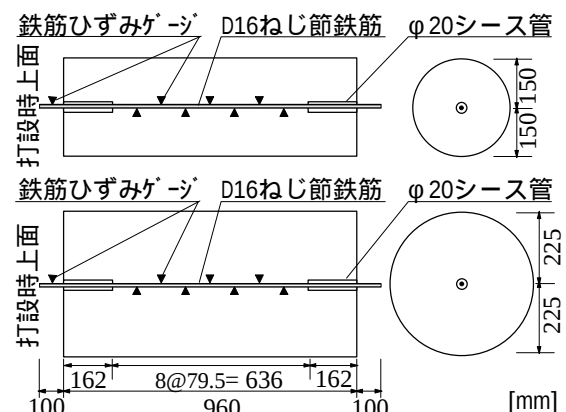


図-1 供試体の形状寸法

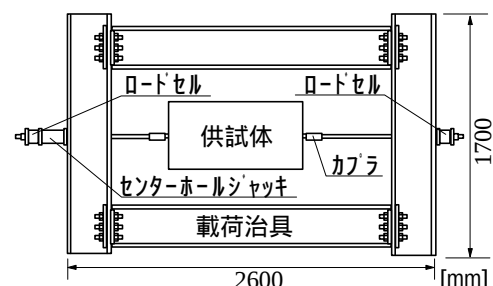


図-2 載荷方法・自由端すべり計測

キーワード: 鉄筋応力分布, 残留応力, ひびわれ幅, 局所付着特性, 載荷実験

連絡先: 東京都目黒区下目黒2-23-18, TEL:03-3492-0556, FAX:03-5487-3867, e-mail:ikki@wakachiku.co.jp

45cmについて図-4に示す。右20Dでのひずみは載荷荷重と弾性係数より算定した。加力時の応力分布は放物線に近い形状を示した。応力が最小となる位置が左側にずれているのは、打設時の上下により付着特性が異なるためである⁴⁾。

減力時では、供試体の中央に近づくほど応力の変化が少なく、残留する割合が多いようであった⁵⁾。本実験では、除荷後の残留応力は $\pm 15D \sim 10D$ の範囲で最大となった。

4. 載荷端応力と内部平均値

左20Dでの載荷端応力と、コンクリート内部の平均応力との比較を図-5に示す。平均応力の算定範囲は、供試体左側の載荷端から、鉄筋応力が最小となる位置までとした。

載荷端応力: s_{end} と平均応力: s_{ave} との関係は、コンクリート直径にかかわらず同様の傾向を示した。すなわち、 s_{ave} の s_{end} に対する比率は、までは20%程度であるが、 s_{end} の増加に伴ないその比率は増加し、 s_{end} が降伏応力程度になると比率は50%程度となった。

5. 除荷後の平均応力

最大荷重時の平均応力に対する、除荷後に残留する平均応力の比率は、図-6に示すようにコンクリート直径による差は認められず、27%程度と近似された。

6. まとめ

本実験の範囲内で、載荷時および除荷時において、コンクリートに埋め込まれた異型鉄筋の応力

分布形状を確認した。コンクリート内部の平均応力の、載荷端応力に対する比率は、載荷端応力の増加に伴ない20%程度から50%程度に増加した。除荷後に残留する平均応力は、最大荷重時の27%程度であった。

[参考文献] 1)コンクリート標準示方書[平成8年制定]設計編,土木学会,1996.3,pp.85~92. 2)角田与史雄:曲げを受けるコンクリート部材のひびわれとたわみに関する研究の現状,土木学会論文集, No.384/V-7, pp.21~32, 1987.8. 3)山尾芳秀,周礼良,岡村甫:付着応力-すべり関係に関する実験的研究,土木学会論文, No.343, pp.219~228, 1984.3. 4)壹岐直之,清宮理,山田昌郎:付着応力-すべり関係に影響を及ぼす要因の実験的研究,土木学会論文集, No.550/V-33, pp.73~83, 1996.11. 5)壹岐直之,清宮理:静的繰返し載荷が異型鉄筋の付着特性に及ぼす影響,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, 2000.6 (掲載予定)

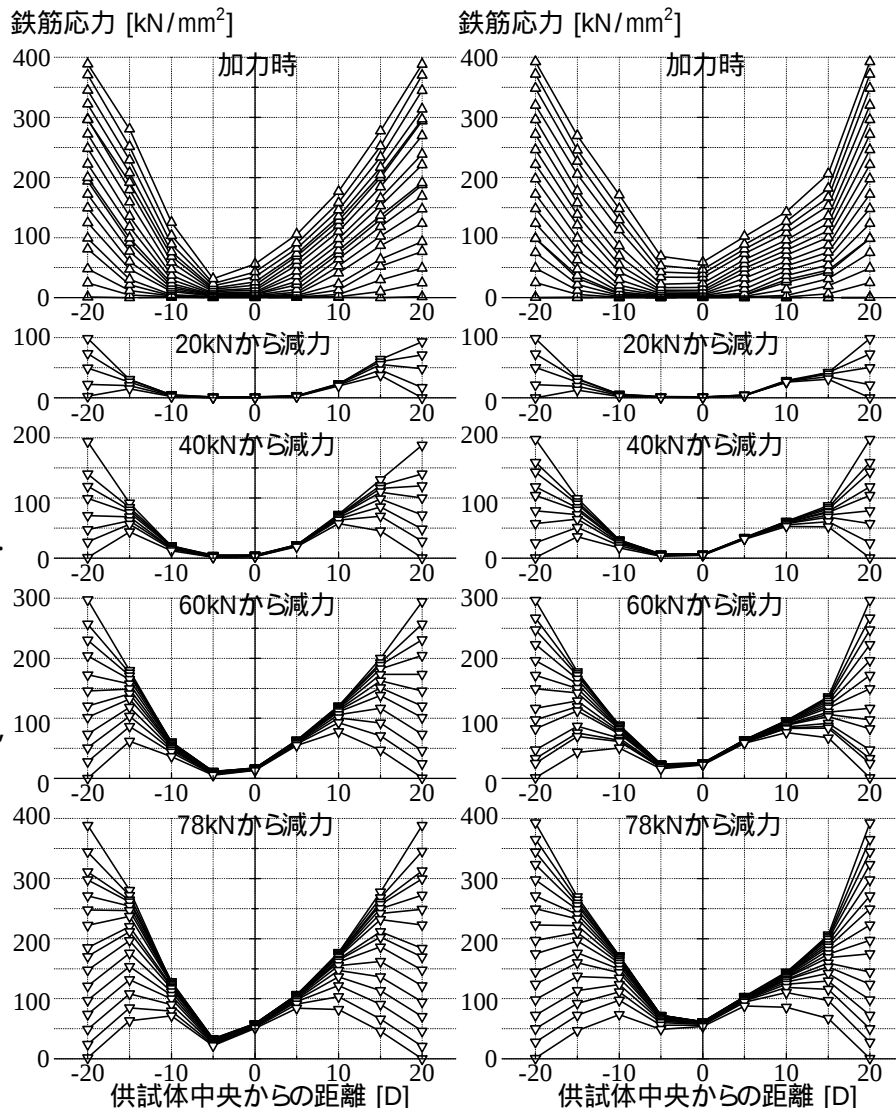


図-3 鉄筋応力分布 ($f_c=30\text{cm}$)

図-4 鉄筋応力分布 ($f_c=45\text{cm}$)

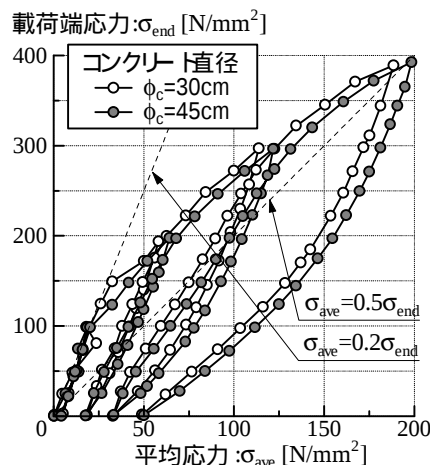


図-5 載荷端応力と平均応力

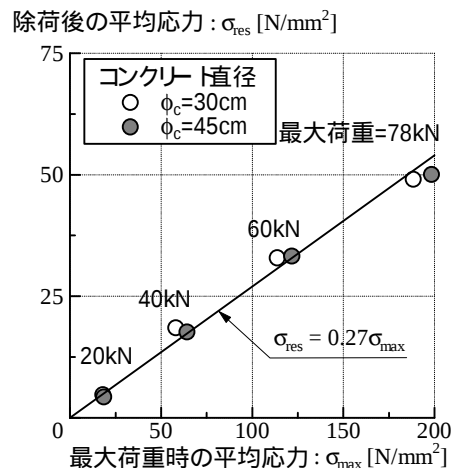


図-6 除荷後の残留応力