

# 高張力異形鉄筋の有効な使用方法の研究 -異形鉄筋の付着と鉄筋周辺のひびわれ-

東北大学大学院 学生員 朝倉 肇 学生員 〇多田信幸

1. まえがき 異形鉄筋を引張鉄筋として用いた場合、鉄筋周辺のコンクリートに発生するひびわれの性状は、普通丸鋼を使用した場合とは非常に異なり、コンクリート表面に現われない内部ひびわれや鉄筋軸方向にコンクリートが割裂する縦ひびわれなどのような異形鉄筋特有の各種のひびわれが発生するものである。異形鉄筋を用いた場合のひびわれ性状は、鉄筋の耐久性、その他の問題に関係があるばかりでなく、異形鉄筋とコンクリートとの付着機構にも関係があり、その性状を明らかにすることは極めて重要なことと考えられる。

そこで、筆者らは、異形鉄筋特有のひびわれのうち、特に内部ひびわれの性状について調べるために、正方形断面の中心に鉄筋を配置した両引供試体を用いて二つの実験を行ない、さらに、異形鉄筋とコンクリートとの付着機構について、考察を加えた。

なお、本研究は、東北大学教授後藤幸正博士の御指導の下に、吉田研究奨励金の授与を受けて行なったもので、ここに深く感謝いたします。

2. 実験概要 実験に用いた鉄筋は、横フシ異形鉄筋(SD35)で、粗骨材の最大寸法は20mm、 $\% = 50\%$ 、コンクリートの圧縮強度および引張強度は各々大略300  $\%_{\text{cm}^2}$  および 28  $\%_{\text{cm}^2}$  である。

"最大ひびわれ間隔"<sup>2)</sup>に近い長さの両引供試体の内部に、鉄筋表面から5mm前後離れた位置に、鉄筋と平行に細い孔をあけておき、この孔に赤インクを注入して両引載荷を行ない、試験後鉄筋軸を含んだ面で供試体を縦に半割りにして、ひびわれの発生状態を調べた。

3. 実験結果および考察 1) 内部ひびわれの発生状況  $\phi 19^{\text{mm}}$  および  $\phi 32^{\text{mm}}$  の鉄筋を埋めこんだ供試体を、鉄筋応力度1,500  $\%_{\text{cm}^2}$  および 2,500  $\%_{\text{cm}^2}$  まで両引試験したときの供試体半断面を写真1~4に示す。写真からわかるように、内部ひびわれの形状は、鉄筋のフシ付近を頂部とするほぼ円錐状をなし、その底部を一般に最寄りの一次横ひびわれ面(あるいは、供試体端面)の方に向けている。内部ひびわれが、鉄筋軸となす角度は、60°前後のものが多い。

内部ひびわれは、鉄筋応力度1,000  $\%_{\text{cm}^2}$  前後で、すでにその発生がみられ、はじめは、一次横ひびわれ面(供試体端面)に近

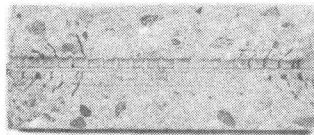


写真1  
 $\phi 19^{\text{mm}}$  供試体寸法  $10^{\text{cm}} \times 10^{\text{cm}} \times 24^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度 1,500  $\%_{\text{cm}^2}$

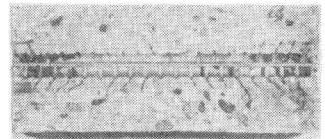


写真2  
 $\phi 19^{\text{mm}}$  供試体寸法  $10^{\text{cm}} \times 10^{\text{cm}} \times 24^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度 2,500  $\%_{\text{cm}^2}$

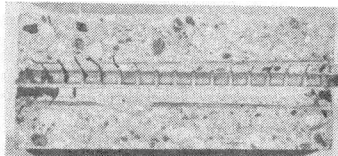


写真3  
 $\phi 32^{\text{mm}}$  供試体寸法  $15^{\text{cm}} \times 15^{\text{cm}} \times 36^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度 1,500  $\%_{\text{cm}^2}$

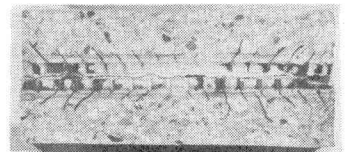


写真4  
 $\phi 32^{\text{mm}}$  供試体寸法  $15^{\text{cm}} \times 15^{\text{cm}} \times 36^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度 2,500  $\%_{\text{cm}^2}$

いフシから発生し、鉄筋応力度の増加に伴って、順次奥の方にその数を増している。

また、 $\phi 32^{\text{mm}}$ のような太径鉄筋は、 $\phi 19^{\text{mm}}$ のような細径鉄筋にくらべフシの高さが高いので、内部ひびわれの発生は、写真でわかるように顕著である。

写真の供試体半断面で、鉄筋を除いた部分の黒いところは、内部ひびわれを通して、インクが浸潤した部分である。この部分では、鉄筋とコンクリートとの純付着が破壊されたものと考えられる。純付着の破壊は、まず、フシの背面でおこり、順次奥の方に進んでいく。

2) 内部ひびわれの発生と繰返し載荷との関係  $\phi 25^{\text{mm}}$ の鉄筋を埋めこんだ供試体を用いて、鉄筋応力度 $400\text{ MPa} \rightarrow 2,000\text{ MPa}$ の繰返し載荷したときの内部ひびわれの発生に対する影響を調べた結果を写真5~7に示す。写真からわかるように、繰返し載荷回数の増加に伴って、内部ひびわれの発生数が増大しており、同時に、純付着の破壊の進行も著しく、10,000回程度の載荷で、鉄筋表面のほぼ全域にわたって純付着が破壊されていることがわかる。

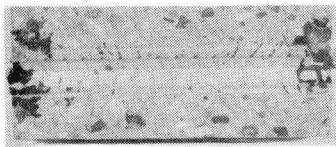


写真5

$\phi 25^{\text{mm}}$  供試体寸法  $12 \times 12 \times 28^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度  $2,000\text{ MPa}$

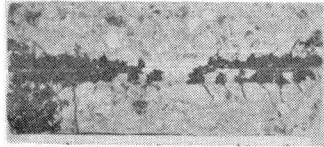


写真6

$\phi 25^{\text{mm}}$  供試体寸法  $12 \times 12 \times 28^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度  $400 \rightarrow 2,000\text{ MPa}$  1,000 回繰返し

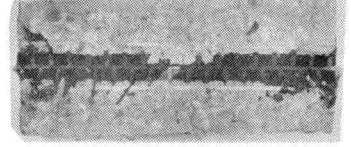
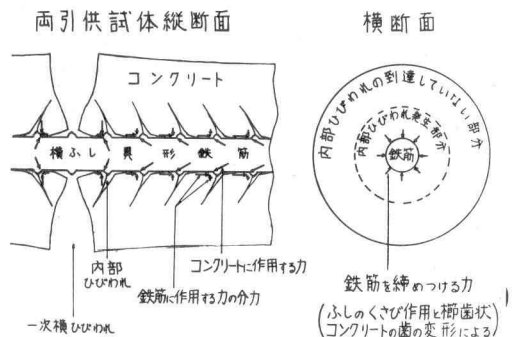


写真7

$\phi 25^{\text{mm}}$  供試体寸法  $12 \times 12 \times 28^{\text{cm}}$   
鉄筋応力度  $400 \rightarrow 2,000\text{ MPa}$  10,000 回繰返し

3) 異形鉄筋の付着機構について 上述のように、ある程度繰返し載荷をうけた後は、鉄筋とコンクリートとの付着は、フシ部による機械的抵抗およびフシとフシの間の鉄筋表面とコンクリートとの摩擦抵抗によると考えられる。図-1は、内部ひびわれ発生後の鉄筋周辺のコンクリートの状態を模式的に示したものであるが、図のように、鉄筋周辺のコンクリートは櫛歯状になるものであって、この櫛歯状のコンクリートは、鉄筋応力度の増加とともに、鉄筋のフシから伝えられる力によって、最寄りの一次横ひびわれ面の方に向かって変形するものと考えられる。前述のように内部ひびわれは、鉄筋に対し、 $60^\circ$ 前後傾いているために、櫛歯状コンクリートの変形は、鉄筋を周囲から締めつけることになり、変形の増加に伴って締めつける力が増加し、その結果鉄筋とコンクリートとの摩擦抵抗も大きくなる。この鉄筋を周囲より締めつける力の反力は、供試体コンクリートのリングテンションによって受けられており、これは縦ひびわれの発生大きな原因ともなっている。

図1 内部ひびわれ発生後の鉄筋周辺のコンクリートの状態 (模式図)



参考文献 1) Yukimasa Goto; "Cracks Formed in Concrete around Deformed Tension Bars", U.S.-Japan Joint Seminar on Research in Basic Properties of Various Concrete, Jan. 1968.

2) 後藤幸正 他2名: "鉄筋コンクリート引張部のひびわれに関する研究", コンクリートライブラリー 第14号土木学会, 昭和40年12月。