

デジタル画像相関法を用いた曲げ加工鋼材のひずみ計測

九州工業大学 正会員 合田 寛基 日比野 誠  
 九州工業大学 非会員 西川 祐輔  
 福岡県工業技術センター 非会員 内野 正和

1. はじめに

アルカリ骨材反応による鉄筋の破断メカニズムを解明する上で、同反応によるコンクリートの膨張挙動と鉄筋の材料特性が重要となる。既往の研究<sup>1)</sup>より、曲げ加工時に発生する微小亀裂、加工硬化、ひずみ時効などにより脆性的な材料特性に変化した鉄筋にコンクリートの膨張による曲げ戻し力が作用して破断すると考えられている。しかしながら、鉄筋加工時における局所ひずみや微小亀裂の発生原理、節形状との関連性については十分に解明されていない。

そこで、本研究では、その基礎的研究として鋼材の曲げ加工時に発生する局所ひずみについてデジタル画像相関法を用いて2次元計測し、鋼材の節形状や加工方法の違いがひずみ分布に及ぼす影響について検討した。

2. 曲げ加工が軸方向ひずみに及ぼす影響

本実験では、曲げ加工時における鋼材内側の軸方向ひずみの発生の様子について、デジタル画像相関法を用いて計測した。供試体材料は、加工が容易であり設置時における安定性の高い銅角材(幅 25mm, 高さ 20mm, 長さ 450mm)を用いた。供試体概略図を図-1に示す。

曲げ加工は、断続的な撮影を行うことから、低速での曲げ加工速度が可能なベンダーを用い、15°/minの角速度で90°までの曲げ加工方法とした。曲げ加工半径は30mm(供試体幅dに対して1.2倍)とし、ベンダーの上部から解像度400万画素のCMOSカメラを用いて曲げ加工角度2°ごとに撮影した。軸方向ひずみは、破断の起点とされる鋼材内側に着目して図-2、図-3に示すとおり曲げ加工部を長さ300pic(約14mm)に6分割し、デジタル画像相関法を用いて加工前後の長さ変化から算出した。

図-2の線分1,2,3におけるひずみと曲げ加工角度との関係を図-4に示す。同図より、曲げ加工開始時に支点軸に接している線分1では、曲げ加工角度10°~30°でひずみが大きく増加した。線分2では曲げ加工角度10°~60°の間で、線分3では曲げ加工角度が60°~90°の間でそれぞれひずみが大きく増加した。いずれの線分でも、ひずみが大きく増

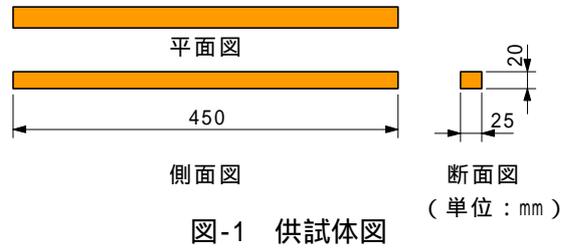


図-1 供試体図

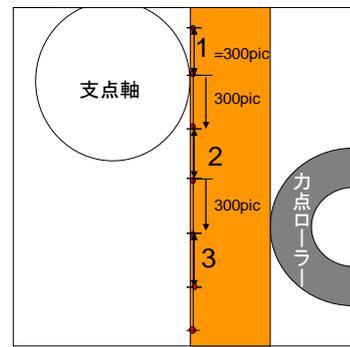


図-2 解析範囲(曲げ加工角度 0°)

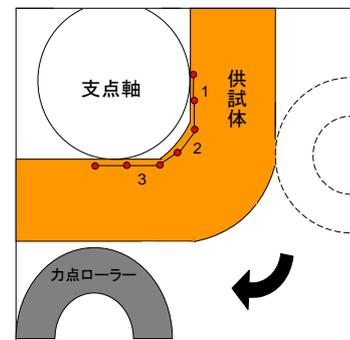


図-3 解析範囲(曲げ加工角度 90°)

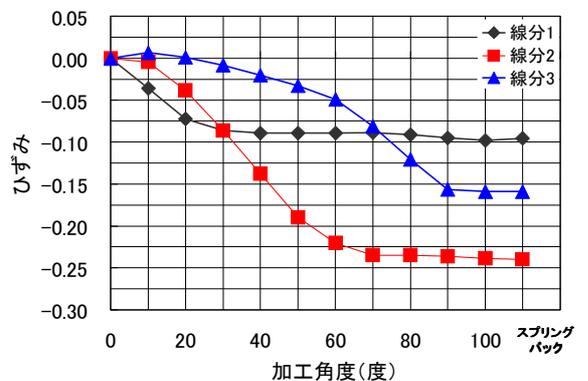


図-4 曲げ加工角度とひずみの関係

キーワード：デジタル画像相関法, アルカリ骨材反応, 鉄筋破断, 曲げ加工

連絡先：〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL：093-884-3122

加した角度以外では、ひずみの増加がみられないことが見てとれる。また、3本の線分の中では、線分2のひずみが最も大きかった。以上より、ベンダーでの加工によって、支点軸に接している銅材が加工されている角度の間で大きく変形し、曲げ加工角度 10° ~ 60° で接する軸方向中央部ほどひずみが大きくなることが明らかとなった。

3. 節形状ならびに曲げ加工半径が局所ひずみに及ぼす影響

本実験では、節の有無、節の形状、曲げ加工半径の違いが局所ひずみに及ぼす影響について検討した。表-1に実験パラメータを示す。供試体は前節と同形状の銅材を用い、中央部(135mm)を切削して節を設けた。節根元形状は、現行の異形鉄筋D25を模擬して節の根元に8の円弧をつけたものと円弧をつけていないものとした。図-5に供試体概略図ならびに節形状を示す。撮影方法は前節と同様とし、解析範囲は前節の線分2に位置する節とした。ひずみは、節周辺(縦230pic×横150pic)を微小要素(10pic×10pic)に分割し、要素中に3つの軸を設定して式-1を基に最大主ひずみとして計算した。

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left[ \varepsilon_x + \varepsilon_y + \sqrt{2(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_{xy})^2} \right] \quad (1) \quad \varepsilon_{n=1,2,3} : \text{各軸のひずみ}$$

$\varepsilon$  : 最大主ひずみ

図-6に曲げ加工終了時の最大主ひずみ分布を示す。同図より、節根元に円弧のないものを曲げ加工半径1.2dで加工すると節根元周辺に帯状の大きなひずみ集中がみられた。曲げ加工半径2.2dでは、全体的にひずみが小さく局所化もみられない。節根元に円弧のあるものは節周辺に大きなひずみが発生しているが節根元に円弧がないものに見られる連続したひずみ分布はみられない。また、節なし供試体では大きなひずみが見られない。

最もひずみが顕著に現れた曲げ加工半径1.2d、根元に円弧のない供試体に着目して、加工過程によるひずみ変化を図-7に示す。加工開始直後、支点軸と接触した節部分にひずみが生じている。加工角度が40° ~ 60°で、節根元に帯状の大きなひずみが発生し、加工角度が60°以降はひずみの大きな変化は確認されなかった。また、スプリングバックでのひずみが小さいことから、スプリングバックによる影響も小さいことがわかる。

4. まとめ

本研究では、曲げ加工時のひずみ発生状況と節形状が局所ひずみに及ぼす影響について検討した。その結果、曲げ加工時に支点軸と接している部分で局所的にひずみが増加し、曲げ加工半径と節根元の円弧の小さい節形状ほど大きなひずみ集中がみられることが明らかとなった。

【参考文献】1) 興相展朗, 幸左賢二, 合田寛基, 五十嵐弘行: 鉄筋の節形状とコンクリートの膨張が破断に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.719-724, 2006

表-1 供試体パラメータ

供試体名	節の有無	円弧	加工半径
節根元円弧なし(1.2d)	あり	なし	1.2d
節なし(1.2d)	なし	なし	1.2d
節根元円弧あり(1.2d)	あり	あり	1.2d
節根元円弧なし(2.2d)	あり	なし	2.2d

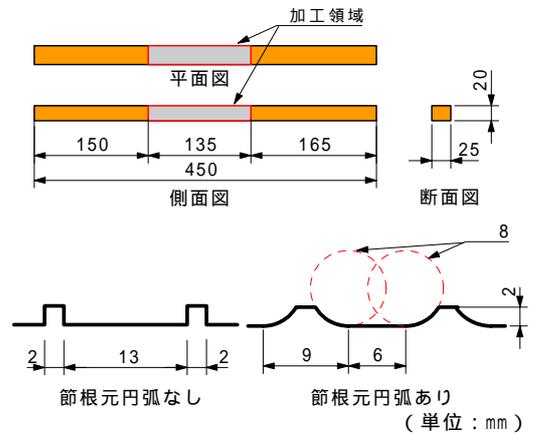


図-5 供試体図ならびに節形状

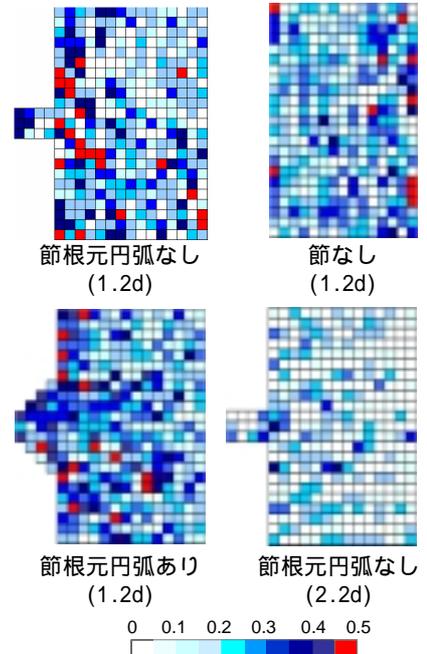


図-6 最大主ひずみ分布

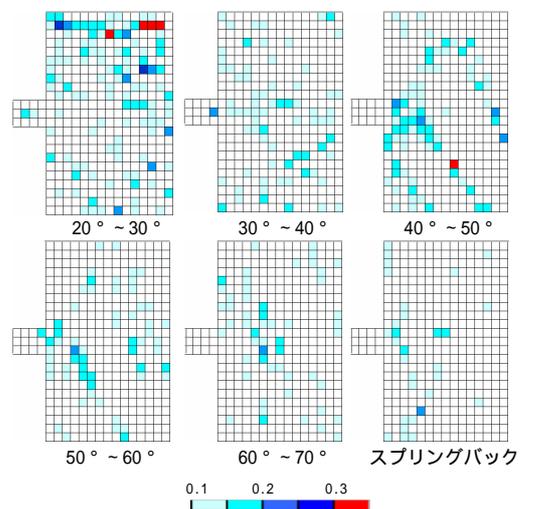


図-7 曲げ加工角度とひずみ分布