

鉄筋の機械的性質に及ぼす曲げ加工の影響

東京理科大学 学生員 飯田 竜太
東京理科大学 正会員 澤本 武博

東京理科大学 正会員 辻 正哲
鉄道総合技術研究所 岡本 大

1. はじめに

鉄筋に曲げ加工を繰り返すと脆化、ひどい場合にはクラックの発生または破断に至ることもある。鉄筋加工に関する検討もなされてきたが、アルカリ骨材反応によって曲げ加工部で鉄筋破断が発生した事例が報告された。

本研究では、縦ふし(縦リブ)または横ふしに沿った曲げ加工、曲げ内半径、鉄筋径等が加工に伴う鉄筋の機械的性質の変化に及ぼす影響について検討した。

2. 実験の概要

2.1 曲げ戻しを繰り返した鉄筋の引張強度試験

実験に用いた鉄筋は、北関東の建材店より購入した鉄筋コンクリート用棒鋼であり、機械的性質は表-1 に示す通りである。直線から 90°までの曲げ加工および 90°から 30°までの曲げ戻しには鉄筋ベンダー（90°までの曲げ加工速度：空転時 0.68 秒）を用い、30°から直線までの曲げ戻しにはハンドベンダー（所要時間 3.68 秒以上）を用いた。異形鉄筋については、曲げ加工時の縁部が縦リブまたは横ふしとなる場合、すなわち縦リブまたは横ふしに沿って曲げ・曲げ戻しを行う場合について検討し、曲げ戻し回数（曲げと曲げ戻しの 1 往

復で 1 回）を変化させて、曲げ戻し後の機械的性質を調べた。なお、伸びは、中心（曲げ加工部）から 1D ごとの間隔で測定した。

2.2 折損回数試験

使用した鉄筋および曲げ加工方法は、2.1 と同じである。曲げ内半径を変化させ、曲げおよび曲げ戻しの繰返しにより折れるまでの折損回数（曲げと曲げ戻しの 1 往復で 2 回とした値）および亀裂発生回数を調べた。

3. 実験結果および考察

3.1 曲げ戻しを繰り返した鉄筋の引張強度試験結果

表-2 は引張強度試験結果を示したものであるが、いずれの場合にも、折損回数に近づくまでは、引張強さはほとんど変化せず、曲げ加工部以外のところで破断した。これは、加工硬化によって生じたものと考えられる。しかし、破断後の伸びの分布は図-1 に示す通りであり、曲げ加工を全く受けていない場合には、全体的に大きな伸びを示すものの、曲げ加工を 1 回でも受けるとその部分の伸びは小さくなる傾向にあった。また、曲げ戻しを受け、曲げ加工部で破断した場合は、破断部分の伸びは他の部分と変わらないほど小さくなっていった。このことは、曲げ戻しによる強度低下は小

表-1 鉄筋の機械的性質

鉄筋の種類	上降伏値 (N/mm ²)	下降伏値 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	破断強さ (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
13	344	336	484	330	38	66
D13	383	370	514	393	38	62
19	321	315	454	302	34	69
D13	383	380	566	456	26	59

表-2 引張強度試験結果

径	種類	曲げ戻し回数	曲げ内半径 15mm			曲げ内半径 25mm			
			引張強さ (N/mm ²)	絞り (%)	破断位置	引張強さ (N/mm ²)	絞り (%)	破断位置	
13	丸鋼	0	477 ~ 497	66	中央	/	/	/	
		1	481 ~ 485	65	中央				
		2	481 ~ 487	67	外				
		3	484 ~ 486	65	外				
	異形	縦リブ横ふし	0	510 ~ 523	62	中央	/	/	/
			1	520 ~ 522	63	中央			
			2	516 ~ 524	63	中央			
			3	161 ~ 224	21	中央1本 外2本			
			1	521 ~ 526	64	中央			
			2	507 ~ 521	31	中央			
19	丸鋼	0	452 ~ 455	69	中央	/	/	/	
		1	455 ~ 459	70	中央				
		2	456 ~ 461	68	外				
		3	457 ~ 469	65	外				
	異形	縦リブ横ふし	0	564 ~ 568	59	中央	/	/	/
			1	488 ~ 546	23	中央			
			2	x	x	x			
			3	x	x	x			
			1	x	x	x			
			2	x	x	x			

中央：鉄筋の中央部(曲げ加工部)で破断 ×：曲げ加工時に折損
外：曲げ加工部の外側で破断

キーワード：鉄筋 曲げ加工 冷間加工 機械的性質

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501(内線 4054) E-mail：saori@rs.noda.tus.ac.jp

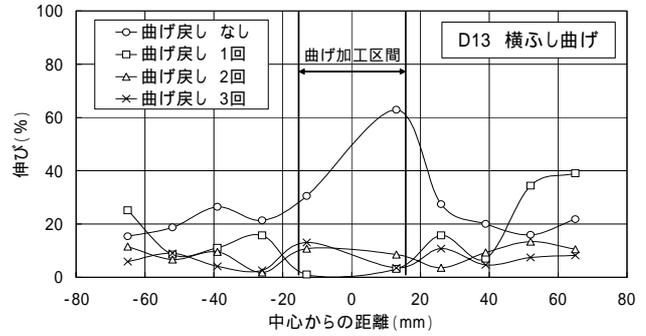
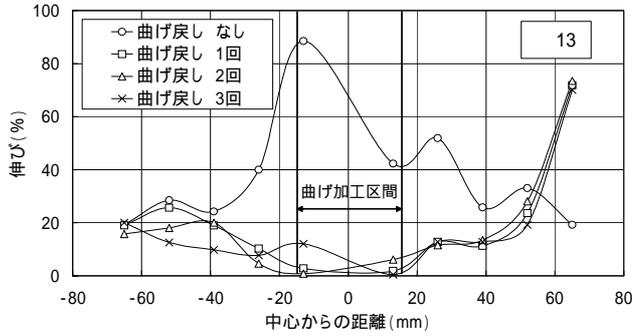


図-1 伸び分布図

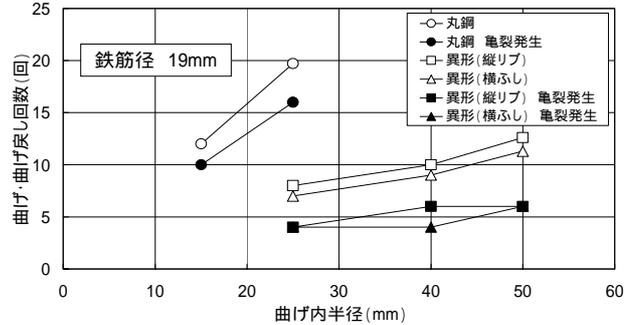
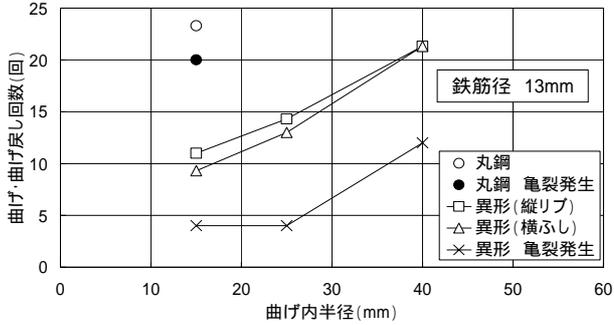
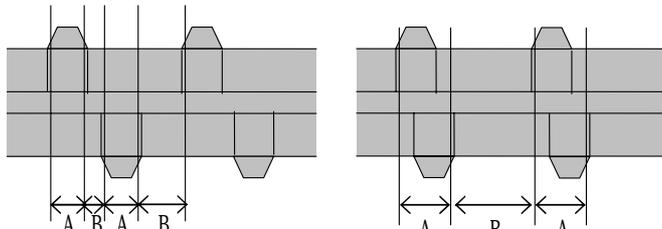


図-2 曲げ内半径と折損回数および亀裂発生回数の関係



(1) 横ふしが両側でずれている場合 (2) 横ふしが両側で重なっている場合

図-3 塑性変形を受けない区間 A と受け持つ区間 B

さくても、伸びが小さくなるためコンクリートの異常膨張や平行する鉄筋の中で一部だけ曲げ加工を受けている場合のように、受け持つ応力の均一化のためにある程度以上のひずみに耐えなければならない時には、曲げ加工部で鉄筋が破断する恐れがあると思われる。

3.2 折損回数試験結果

図-2 は、鉄筋径別に曲げ内半径と折損回数および亀裂発生回数の関係を示したものである。同一径で同一曲げ内半径でも、丸鋼の折損および亀裂発生回数は大きくなっている。ここで、図-3 に示したように横ふし部（区間 A）は断面が大きく曲げ剛性が他の部分より大きいため全く塑性変形を受けず、横ふしのない部分（区間 B）のみで塑性変形を受け持ち、また曲げ加工時の中立軸は常に鉄筋の中心部を通ると仮定し、90°曲げ加工時の横ふしのない部分における引張（圧縮）縁のひずみを求めた。このひずみと折損回数の関係は、図-4 に示す通りである。なお、曲げ加工部にある横ふしの個数は目視によって数えた値を用いた。異形鉄筋の場合、縦リブに沿って曲げ加工を施した場合の方が若干

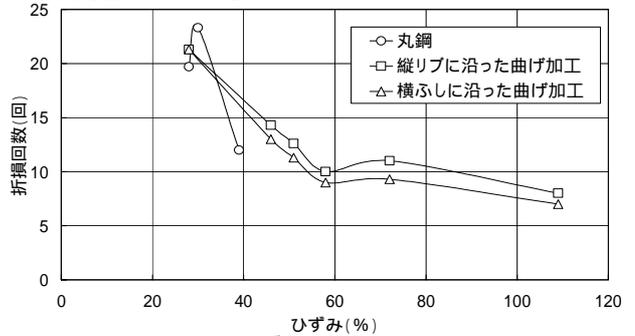


図-4 ひずみと折損回数の関係

折損しにくくなる傾向にあるものの、異形鉄筋の方が丸鋼より折損しやすいのは塑性変形を受け持つ区間が横ふしの影響で短くなることと関係していると考えられる。

4.まとめ

鉄筋加工には様々な要因が作用すると考えられるが、今回の実験結果の範囲においては、横ふしのある断面剛性の大きいところでは塑性変形を受けず、断面の小さい区間のみで大きな塑性変形を受け持っている可能性が示された。そのため、曲げ戻しや加工時の曲げ内半径の選定にあたっては、横ふしの形状および配置についても考慮する必要があると考えられる。また、曲げ加工部の鉄筋の破断伸びは小さくなったため、こうした部分が存在する箇所では塑性変形による応力の均一化を期待することは避けるべきであると考えられる。

謝辞

本実験を行うにあたり大変ご尽力いただいた東京理科大学大学院生吉田雄氏、畑中強氏、堀田昌平氏、卒論生の細沼喬弘氏、村川彰久氏に感謝の意を表します。