

# 曲げ加工方法が鉄筋の機械的性質に及ぼす影響

東京理科大学 学生員 堀田 昌平  
 東京理科大学 学生員 石川 雄志  
 東京理科大学 細沼 喬弘

東京理科大学 正会員 辻 正哲  
 東京理科大学 学生員 飯田 竜太  
 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、アルカリ骨材反応のようにひずみが作用する場合に鉄筋の局所的な靱性の低下によって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機械的性質の変化に及ぼす影響を検討した。

## 2. 実験の概要

### 2.1 折損回数(繰返し曲げおよび曲げ戻しによって折れるまでの回数で1回の曲げを1回、1回の曲げ戻しを1回、すなわち往復で2回と数えた値)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。曲げ加工には直線から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実験を行った。

### 2.2 曲げ戻しを繰り返した鉄筋の引張強度試験

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、伸びに関しては、中心(曲げ加工部)から1Dごとの間隔で伸びを測定した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 折損回数試験結果

図-1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-2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

表-1 鉄筋の機械的性質

鉄筋の種類	上降伏値 (N/mm <sup>2</sup> )	下降伏値 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	破断強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)
13	344	336	484	330	38	43
D13	383	370	514	393	38	56
19	321	315	454	302	34	44
D13	383	380	566	456	26	36

表-2 引張強度試験結果

鉄筋径	曲げ戻し回数	曲げ内半径 15mm			曲げ内半径 25mm			
		引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	絞り (%)	破断位置	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	絞り (%)	破断位置	
13	0	477 - 497	43	中央	/	/	/	
	1	481 - 485	43	外				
	2	481 - 487	45	外				
	3	484 - 486	43	外				
19	0	452 - 455	44	中央	/	/	/	
	1	455 - 459	45	外				
	2	456 - 461	43	外				
	3	457 - 469	41	外				
D13	縦リブ	0	510 - 523	59	中央	/	/	
		1	520 - 522	39				外
		2	516 - 524	中央17 外44				中央1本 外2本
	横ふし	3	161 - 224	11	中央	517 - 524	40	外
		1	521 - 526	40	外	521 - 523	36	外
		2	507 - 521	17	中央	519 - 527	38	外
D19	縦リブ	3	317 - 480	16	中央	517 - 524	35	外
		0	564 - 568	36	中央	521 - 523	39	外
		1	488 - 546	12	中央	521 - 523	中央41 外19	中央1本 外2本
	横ふし	2	x	x	x	567 - 572	32	外
		3	x	x	x	493 - 581	中央38 外12	中央1本 外2本
		1	x	x	x	207 - 518	4	中央
横ふし	2	x	x	x	566 - 581	中央34 外19	中央1本 外2本	
	3	x	x	x	546 - 550	19	中央	
	0	x	x	x	x 2本 中央84	x 2本 中央7	x 2本 中央1本	

中央: 鉄筋の中央部(曲げ加工部)で破断  
 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

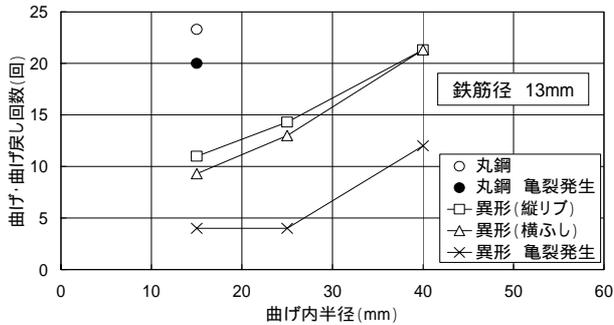


図-1 曲げ内半径と折損回数および亀裂発生回数の関係

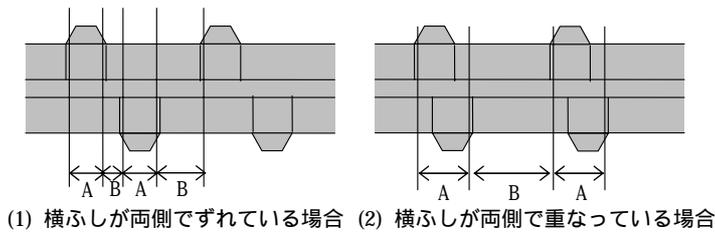
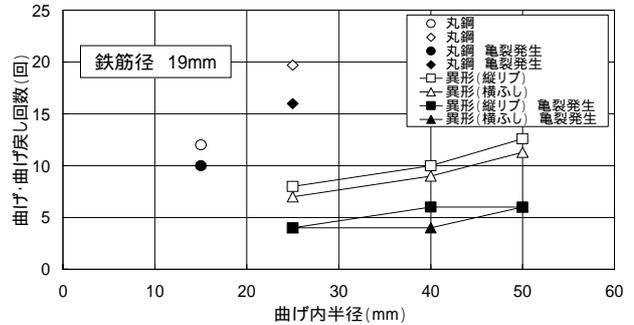


図-2 塑性変形を受け持つ区間Aと受けない区間B

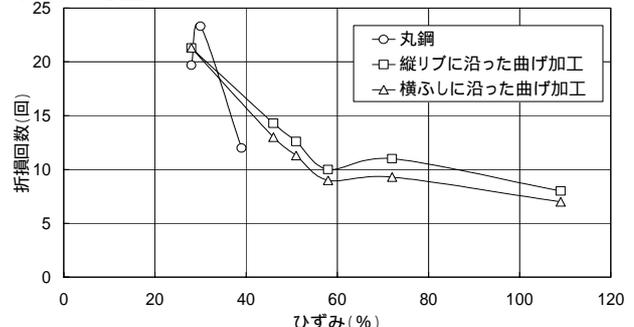


図-3 ひずみと折損回数の関係

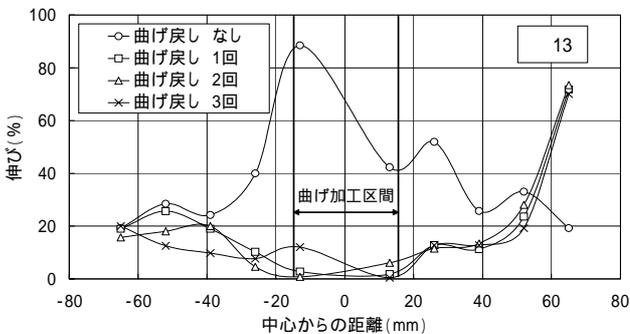
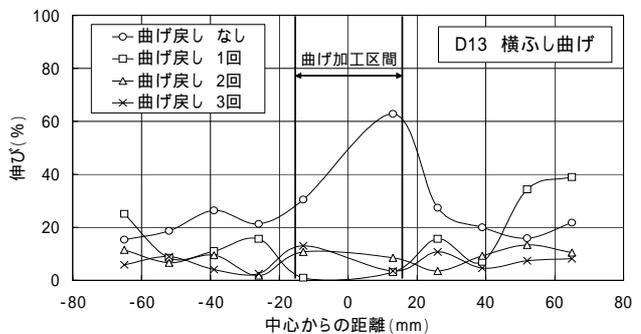


図-4 伸び分布図



のひずみを求めた。このひずみと折損回数の関係は、図-3 に示す通りである。区間 A は横ふしの立ち上がり部の勾配がきわめて緩やかな部分を取り除いた部分であり、また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が関係していると考えられる。

### 3.2 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-4 に示すとおりであり、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 回でも受けると伸びは小さくなっていった。また、曲げ戻しを受け、曲げ加工部で破断した場合でも、破断部分の伸

びも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。

### 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には応力の均一化や塑性変形を期待することは避けるべきであると考えられる。