

鉄筋の曲げ及び曲げ戻しに関する基礎的研究

東京理科大学	学生員	堀田 昌平
東京理科大学	正会員	辻 正哲
東京理科大学	学生員	石川 雄志
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

施工手順の関係から、どうしても鉄筋を一度曲げておきそれを曲げ戻す工程が必要となることがある。そして、アルカリ骨材反応で曲げ加工部が局部的な靱性の低下によって破断した事例が報告されたことで以降、こうした曲げと曲げ戻しに当たっての注意が喚起されるようになった。しかし、冷間加工における曲げ・曲げ戻しの繰り返しに伴う鉄筋の物理的性質の変化には未だ不明な点が多い。また、異形鉄筋の方が旧来用いられていた丸鋼よりも、曲げ・曲げ戻しによる材質変化が大きくなるため、曲げ内半径を大きくする必要性は広く知られている。しかし、丸鋼の場合よりどの程度大きくする必要があるのかも明確になっていない。一方、現場における鉄筋の曲げ加工時の曲げ内半径は、組立て精度と作業性から小さくなる傾向にある。また、土木学会コンクリート標準示方書[構造性能照査編]では、軸方向鉄筋のフックの最小曲げ内半径は、降伏点強さが同じ場合には、丸鋼及び異形鉄筋のいずれにおいても、同一の値で規定されており、曲げ及び曲げ戻しを行う場合にはできるだけ大きい曲げ内半径で行うと記述されているのみであり、節の影響については明確な規定はない。

本研究では、縦ふし(以下、縦リブと称す)または横ふしに沿った曲げ加工、横節の配置、曲げ内半径、鉄筋径や強度等が曲げ加工に伴う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

実験に用いた鉄筋の機械的性質は表-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ロールベンダーを用い、30°から直線までの曲げ戻しにはハンドベンダーを用いた。異形鉄筋については縦リブおよび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。

表-1 鉄筋の機械的性質

鉄筋径	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
D19	383	380	566	456	26	59

2.2 曲げ及び曲げ戻しを繰り返した鉄筋の引張強度試験

使用した鉄筋及び曲げ加工方法は2.1と同様で、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、曲げ戻し後の機械的性質を調べた。なお、鉄筋の伸びに関しては中心から左右1~5Dの間における1Dごとの伸びを測定した。

3. 実験結果および考察

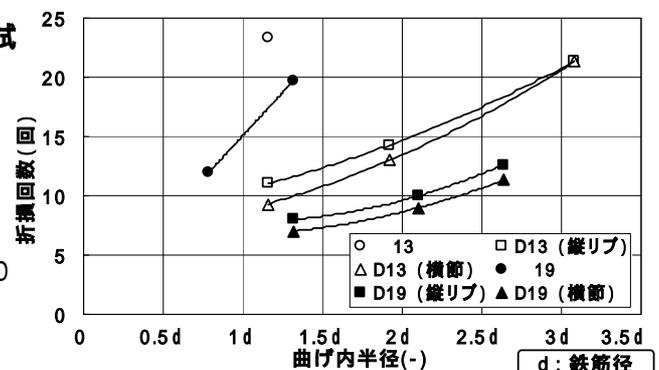


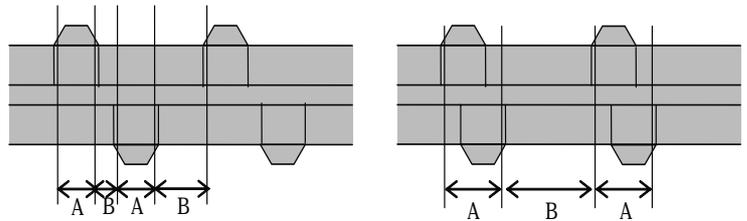
図-1 曲げ内半径と折損回数の関係

キーワード：鉄筋 曲げ加工 曲げ内半径 機械的性質 曲げ戻し

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

3.1 折損回数試験結果

図-1 は曲げ内半径と折損回数の関係を示したものである。同曲げ内半径では、異形鉄筋の方が折損しやすくなっている。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つと仮定し、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-3 に示す通りである。この関係より丸鋼の折損回数と同程度になる異形鉄筋の曲げ内半径は横節が表裏で同じ位置に配置されている場合、丸鋼の約 2.7 倍に、両側でずれている場合約 3.3 倍にする必要があると考えられる。



(1) 横節が両側でずれている場合 (2) 横節が両側で重なっている場合

図-2 塑性変形を受け持つ区間 A と受けない区間 B

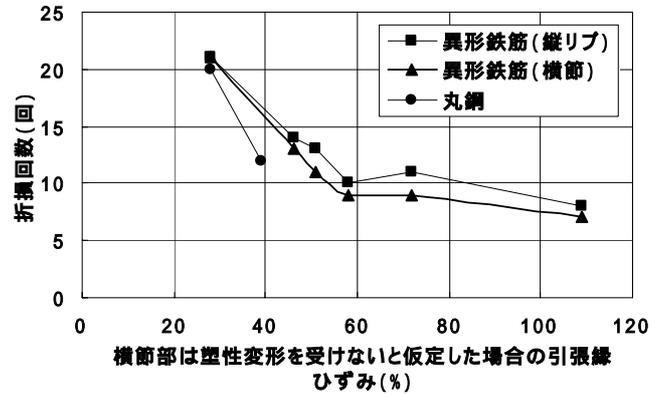


図-3 横節部では変形しないと仮定して求めた引張縁ひずみと折損回数の関係

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 に示す通り、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。

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、異形鉄筋の曲げ戻しを行う場合の曲げ内半径の選定にあたっては、横節の配置によって差があるものの、旧来用いられてきた丸鋼に比べ約 3.3 倍以上と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、こうした部分での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。

謝辞

本実験を行うにあたり大変なご尽力をいただいた、東京理科大学大学院生吉田雄氏、畑中強志氏、卒論生の細沼喬弘氏、村川彰久氏に感謝の意を表します。

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 ²)	絞り ¹ (%)	引張強さ (N/mm ²)	絞り ¹ (%)	
13	0	477~497	中央 66	/		
	1	481~485	外 65			
	2	481~487	外 67			
	3	484~486	外 65			
19	0	452~455	中央 69	/		
	1	455~459	外 70			
	2	456~461	外 68			
	3	457~469	外 65			
D13	縦リブ	0	510~523	中央 62	/	
		1	520~522	外 63		
		2	516~524	中央 32 外 68		
	横ふし	1	162~224	中央 21	517~524	外 64
		2	521~526	外 64	521~523	外 59
		3	507~521	中央 31	519~527	外 61
D19	縦リブ	0	564~568	中央 59	/	
		1	488~546	中央 23		
		2	x	x		
	横ふし	1	x	x	493~581	中央 23 外 65
		2	x	x	207~518	中央 10
		3	x	x	567~582	中央 34 外 57
横ふし	1	x	x	541~550	中央 28	
	2	x	x	84~452	中央 24	
	3	x	x			

1 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 x:曲げ加工時に折損

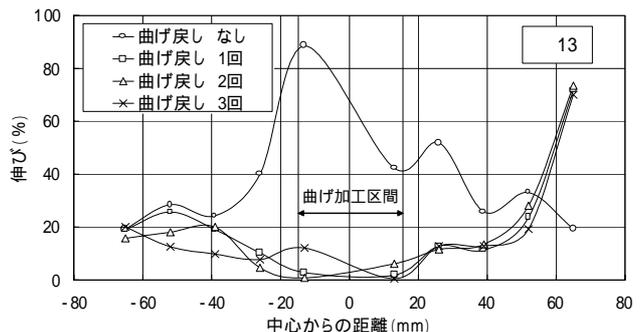


図-4 伸び分布図