

鉄筋の加熱曲げ加工方法に関する研究

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
 ものつくり大学 正会員 澤本 武博 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

近年、アルカリ骨材反応によって鉄筋の曲げ加工部が破断した事例が報告されて以降、鉄筋の曲げ加工についての研究が進められている。現在、土木学会コンクリート標準示方書[施工編]では、鉄筋の加工は冷間を基本としているが、材質を害する恐れがある曲げ戻し等に当たっては熱間加工についても解説されている。平成8年度版以前では加熱温度を450～900程度と解説されていたが、現在では900～1000程度と解説されている。しかし、900～1000の範囲で加工温度を管理するにはかなりの手間が必要となる。また、高温で鉄筋を熱した場合、鉄筋が局部的に軟らかくなるため、適切な曲げ内半径で加工できない恐れがある。

本研究では、鉄筋の冷間・熱間加工方法、冷間加工後の焼準、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について検討し、比較的容易かつ確実な曲げ加工方法の提案を行った。

2. 実験概要

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。曲げ加工方法は、図-1に示すように縁部をすべて横ふしとし、ベンダーを用いて曲げ加工を行う場合（直線から90°までの曲げおよび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）について検討した。また、加工時の加熱には中型切断機（アセチレン用）を用い、図

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 (%)
D13	345	334	492	377	27	66
D19	342	336	505	433	28	53

-1に示した曲げ加工区間の約2倍の区間加熱し、その区間全域が目標温度に達した後、すぐに曲げ加工を行った。加工後は、すべて空

表-2 引張強度試験結果（D13）

加熱温度 (°C)	加熱方法 ¹	曲げ戻し 回数	曲げ内半径 15mm (加熱区間 68mm)				曲げ内半径 25mm (加熱区間 100mm)			
			引張強さ (N/mm ²)	伸び(%)	絞り(%)	破断位置 ²	引張強さ (N/mm ²)	伸び(%)	絞り(%)	破断位置 ²
冷間	—	1	521～526	12	64	外	517～524	16	58	外
		2	507～521	8	31	加工部	521～523	12	62	外
600 700	前加熱	1	491～492	16	64	外	480～481	23	69	加工部
		2	239～422	2	11	加工部	470～473	23	68	加工部
	後加熱	1					496～498	8	61	外
		2								
700 800	前加熱	1	485～487	22	67	外	488～492	17	66	外
		2	484～488	23	68	外	484～489	19	69	外
	後加熱	1	494～499	22	64	加工部	483～487	20	62	加工部
		2	485～495	16	54	加工部	483～487	21	63	加工部
800 900	前加熱	1	495～496	23	55	加工部	493～497	22	57	加工部
		2	482～485	18	57	加工部	476～478	23	53	加工部
	後加熱	1	490～492	18	57	加工部	484～487	22	64	加工部
		2	482～486	16	45	加工部	474～476	18	61	加工部
900 1000	前加熱	1	486～487	21	58	加工部				
		2	470～472	14	49	加工部				
	後加熱	1	483～490	19	64	加工部				
		2	479～490	15	50	加工部				

1 前加熱：曲げ加工部を所定の温度加熱してから曲げ加工 後加熱：冷間加工後に曲げ加工部を焼準
 2 加工部：曲げ加工部で破断 外：曲げ加工部外で破断

キーワード：鉄筋 曲げ加工 熱間加工 冷間加工 機械的性質 焼準

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

冷により常温（20℃以下）になるまで冷却することとした。また、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

表-2は、加熱した後に曲げ加工を行った（前加熱）、あるいは冷間加工後に所定の範囲を焼準した（後加熱）後に、常温まで冷却した状態で測定した引張強度試験結果である。また、図-2は1Dごとの伸び

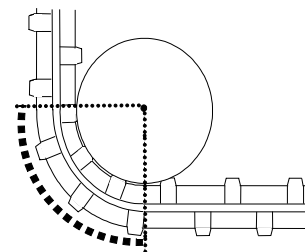
分布の例を示したものである。冷間加工を行った場合、曲げ加工区間で加工硬化によって伸びが著しく低下しているが、800～1000℃で加熱し曲げ加工を行った場合、前加熱・後加熱のいずれにおいても、曲げ加工を1度も受けていない場合と同様に、曲げ加工区間で大きな伸びを示し、延性を有した破断となった。よって、加熱曲げ加工を行うことにより、加工硬化は生じず、加工硬化が生じていた場合でも A_1 変態点以上で、焼準することにより鉄筋の機械的性質を改善されることが示された。しかし、加熱によって回復するのは結晶学的な面であり、マイクロクラックや亀裂などが生じた場合は、脆性的な破断となった。そのため、焼準では物理的な欠陥を回復することは期待できないため、冷間加工で曲げ加工を行う際には、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塑性変形を受け持つと考え、亀裂の発生を推定できる図-3を参考¹⁾に曲げ内半径を定めるのがよいと考えられる。一方、物理的欠陥が生じやすいとされる青熱脆性領域（200～300℃）での加工は有害となりやすいため、注意することが肝要である。

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では、亀裂の発生しない範囲¹⁾の曲げ内半径で冷間加工し、曲げ加工区間に亀裂等の発生が見られなければ、800～1000℃の範囲で曲げ加工区間の約2倍の区間を加熱し焼準することで、曲げ内半径の確保や温度管理が容易となり、比較的無理のない曲げ戻し等の加工を可能とできるのではないかと考えている。

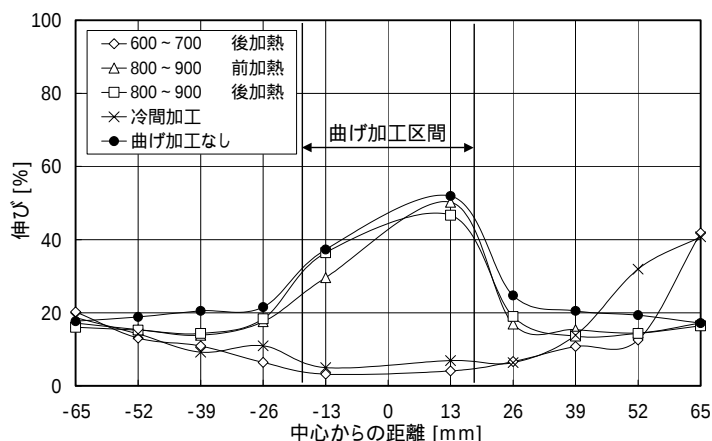
参考文献

1) 堀田ら：曲げ加工方法が鉄筋の機械的性質に及ぼす影響 第31回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，V-75(2004)

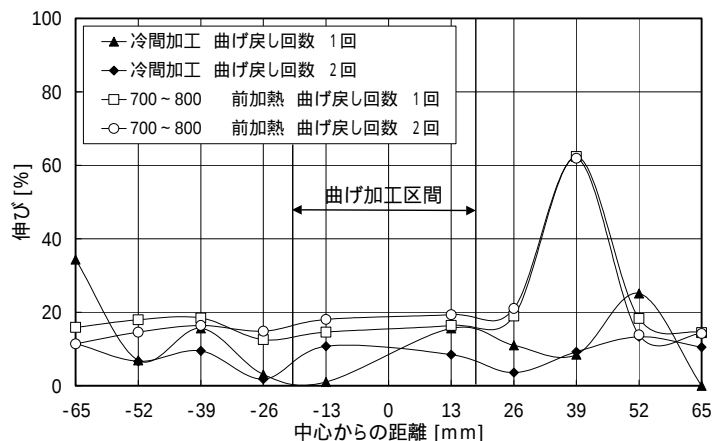


..... 塑性変形を受ける区間(曲げ加工区間)

図-1 塑性変形を受ける区間



(1) 曲げ内半径 15mm 曲げ戻し回数 2 回



(2) 曲げ内半径 15mm

図-2 伸び分布図 (D13)

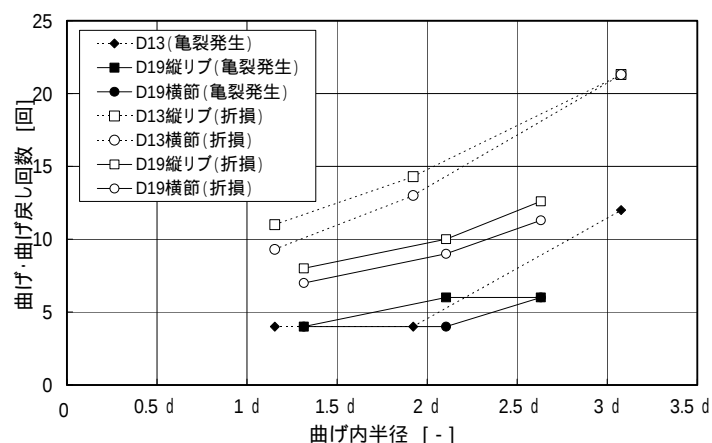


図-3 曲げ内半径と曲げ・曲げ戻し回数の関係¹⁾