

高強度鉄筋の熱間加工に関する研究

東京理科大学 学生会員 ○野田 剛史 東京理科大学 正会員 辻 正哲
 鉄道総合研究所 正会員 岡本 大 東京理科大学 正会員 佐藤 幸恵
 東京理科大学 学生会員 中島 亮 東京理科大学 学生会員 毛利 昌登

1. 研究背景

近年、高橋脚や大型鉄筋コンクリート構造物の建設に伴い、過密配筋対策および施工の省力化に向けて、高強度鉄筋の使用が増えつつある。その結果、将来的には施工上の都合などで高強度鉄筋も曲げおよび曲げ戻しされることが予想される。土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕では、曲げ戻しを受ける鉄筋を対象として熱間加工についての解説があり、その加熱温度範囲を「900～1000℃程度」としている。普通鉄筋について、示方書に準じた熱間加工に関する検討を行ってきた結果、900℃以上の加熱温度では鉄筋が軟らかくなり必要となる曲げ内半径の確保が極めて困難となることから、十分な曲げ内半径を確保して、亀裂が発生しない範囲で冷間による曲げ加工を行った後に焼準することの有効性を明らかにしてきた。¹⁾しかし、高強度鉄筋には熱処理が施されているため、示方書解説を準用した熱間加工や、普通鉄筋には有効であった焼準が高強度鉄筋に適用できるかは不明な点が多い。

本研究では、加熱温度を変化させ、高強度鉄筋の機械的性質に及ぼす影響についてまず検討し、曲げ加工された高強度鉄筋に対しての焼準の影響について検討を行った。

2. 実験概要

実験に使用した高強度鉄筋の機械的性質は表-1に示す通りである。曲げ加工を行わない場合で加熱温度の影響を調べる実験では、鉄筋径をD10、D19、D32の3種類を用い、曲げ加工を行った後の焼準の影響を調べる実験では、D10、D19の2種類を用いた。また、加熱温度は500℃から1000℃まで100℃ごとに6段階に変化させた。曲げ加工は、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、30°から直線までの曲げ戻しにはハンドベンダーを使用した。加熱には図-1に示した鉄

筋加熱用に新たに作製した加熱装置²⁾を使用した。加熱方法は、鉄筋を加熱装置の開口部から挿入し、装置内に内蔵されたセンサーにより測定された内部温度が所定の温度に達してから10分後に鉄筋を取り出し、常温になるまで空冷する方法とした。また、加熱装置から取り出した直後の鉄筋の温度も放射温度計を用いて測定した。なお、機械的性質を検討するにあたり、伸びに関しては図-2に示すように曲げ加工を行っていない鉄筋では試験片の中央から、曲げおよび曲げ戻しを1往復行った鉄筋では加工部の中央から両側5Dの間において、1Dごとの伸びを測定することとした。

3. 実験結果

表-2は曲げ加工を行っていない高強度鉄筋を加熱した場合の引張強度試験結果を示したものである。加熱温度が500～600℃程度まで機械的性質はさほど変化しなかったにもかかわらず、700～1000℃まで加

表-1 高強度鉄筋の機械的性質

鉄筋	呼び寸法	上降伏点 [N/mm ²]	下降伏点 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	破断強さ [N/mm ²]	伸び [%]	絞り [%]
USD785	D10	820	798	986	787	17	43
USD590	D19	622	620	835	698	14	49
USD685	D32	721	714	923	831	13	34



図-1 加熱装置

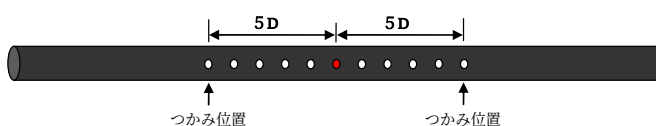


図-2 伸び測定区間

キーワード 高強度鉄筋、冷間加工、熱間加工、曲げ戻し、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

表-2 曲げ加工していない高強度鉄筋を加熱した場合の引張強度試験結果（D10 の例）

加熱装置の 設定温度 [°C]	取り出した直後の 鉄筋の温度 [°C]	新型加熱装置 曲げ戻しなし					
		上降伏点 [N/mm ²]	下降伏点 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び [%]	絞り [%]	破断位置*
500	415～440	799～811	780～795	969～979	21	48	内3本
600	470～540	811～821	800～809	986～989	11	47	内2本 外1本
700	600～630	639～757	608～654	780～845	14	59	内3本
800	650～670	558～570	544～550	723～735	11	61	内2本 外1本
900	740～760	617～641	606～625	757～766	3	59	外3本
1000	850～890	721～752	714～749	881～933	3	59	外3本

*: 内;つかみ区間内 外;つかみ部外

表-3 曲げ加工後に高強度鉄筋を加熱した場合の引張強度試験結果（D10 の例）

加熱装置の 設定温度 [°C]	取り出した直後の 鉄筋の温度 [°C]	新型加熱装置 曲げ戻し回数1回					
		上降伏点 [N/mm ²]	下降伏点 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び [%]	絞り [%]	破断位置**
500	415～440	817～814	793～812	993～996	14	53	加工部外
600	470～540	785～842	773～821	984～998	15	51	加工部外
700	600～630	684～701	670～689	817～895	17	59	加工部
800	650～670	584～637	574～615	745～749	12	60	外
900	740～760	670～718	661～704	773～816	13	58	外
1000	850～890	776～785	759～771	826～939	14	56	外

**: 加工部;曲げ加工部で破断 加工部外;つかみ区間内でかつ曲げ加工部外で破断 外;つかみ部分で破断

熱した場合、降伏点が低下し、規格値(785N/mm²)を下回る結果となった。また、加熱区間がつかみ部の外側まで広がっていたため、高強度鉄筋の延性が低下したのか、加熱温度が高くなるとつかみ区間外で破断する場合が多くなった。このことは、700°C付近まで加熱されることによって、熱処理によって得られた効果が失われたためと考えられる。また、D19、D32 と鉄筋径を変えても、若干の違いは生じるものの、設定温度が 700°C以上の場合には降伏点が規格値を下回る結果となった。

表-3 は曲げ加工後に高強度鉄筋を加熱した場合の引張強度試験結果を示したものである。500～600°C の場合、曲げ加工しない場合と同様に降伏点は規格値を満たしたが、加工硬化の影響によって曲げ加工区間外で破断する結果となった。700°Cの場合、図-3 に示した伸び分布図からわかるように、曲げ加工の中心付近で破断したものの、降伏点が大きく低下する結果となった。更に 800°C以上に加熱した場合には、降伏点の低下の他、つかみ部で破断した。

以上より、今回の実験の範囲では、高強度鉄筋は 700°C付近まで加熱すると、曲げ加工により生じた加工硬化の改善以前に、調質による効果が失われ、高強度鉄筋としての機械的性質が低下してしまう結果となった。

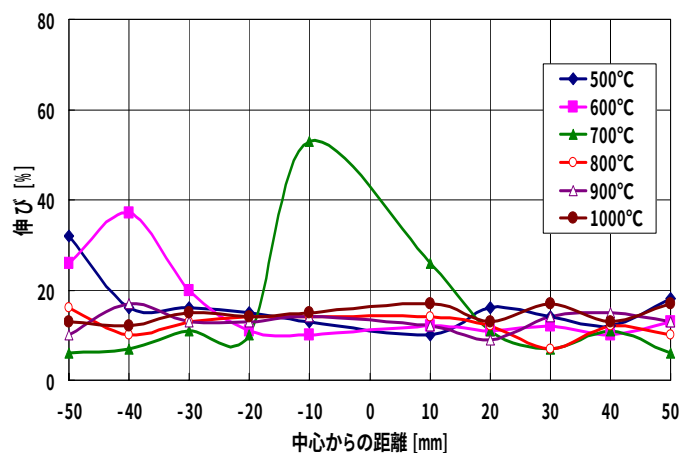


図-3 伸び分布図（D10,曲げ戻し回数 1 回）

4. まとめ

今回の実験から、高強度鉄筋に対して熱間加工を行うことは、高強度鉄筋自体の性質に大きな変化を与え、所定の機械的性質が得られなくなってしまうことがわかった。よって、現段階において、高強度鉄筋に対して加工硬化改善を目的とした加熱処理を行うべきではないと考えられる。

参考文献

- 1) 辻正哲ら 平成 17 年度土木学会第 60 回年次学術講演会概要集 5-460
- 2) 辻正哲ら 平成 17 年度第 33 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 v-021