

V-245 鉄筋の曲げ戻し加工に関する試験

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 ○鎌田 則夫
 J R 東日本 東京工事事務所 石本 昌久
 J R 東日本 東京工事事務所 吉田 俊平

1. はじめに

ラーメン高架橋などで、線路切替えに伴い建築限界・用地幅などで規制があり止むを得ず後に継ぎ足し施工をする場合がある。この時鉄筋をほぼ90°に折り曲げて、貧配合のコンクリートで埋め込み、後の継ぎ足し施工時に鉄筋を曲げ戻して使用する場合が生じる。太径の鉄筋を冷間で曲げ戻すことは非常に困難であり、熱間で曲げ戻すこととなる。この場合曲げ加工及び曲げ戻し時に亀裂が生じたり、熱影響により、鉄の組織が変化し、品質の劣化を生むことが考えられる。ここでは、冷間曲げ及び熱間での曲げ戻し加工時の亀裂、鉄筋の組織変化及び化学成分の変化を確認するとともに、引張強度試験を通して曲げ戻し加工された鉄筋の品質、及び加熱温度の管理方法について報告する。

2. 鉄筋の曲げ戻し加工試験

(1) 試験内容

供試体は、ランダムに抽出した D32の鉄筋32本として試験を行い、鉄筋種別及びメーカーは、SD345 が3メーカー、SD390 が1メーカーであった。また、曲げ半径については、1.5D・2.0D、曲げ角度を90°とし、曲げ戻し加工は、1.5Dを50mm幅、2.0Dを100mm幅で加熱し、目標温度を900℃、及び1,000℃とした。試験項目については、下記の通りである。

- ①冷間曲げ加工鉄筋について、目視及びカラーチェックによる亀裂の確認(32本)
- ②熱間曲げ戻し鉄筋の亀裂の有無について、目視及びカラーチェックによる亀裂の確認(26本)
- ③冷間及び熱間曲げ戻し加工鉄筋を軸方向に切断し、亀裂の深度を顕微鏡で観察(冷間6本、熱間10本)
- ④生材、及び熱間曲げ戻し後の同一鉄筋での化学成分分析(8本)
- ⑤熱間曲げ戻し鉄筋について、引張強度試験及び伸び測定(16本)

尚、冷間曲げ加工は、JIS Z 2248・押曲げ法により行い、熱間曲げ戻しは圧接用リングバーナー(火口数12孔)により加熱後、鋼管を加工した治具により行った。

(2) 試験結果および考察

- ①冷間曲げ試験による結果では、SD345・SD390とも、鉄筋軸に平行に微小な線状キズが見られた。
 - ②熱間曲げ戻しでは、ほとんどの鉄筋に、内、外側に軸に平行なキズが見られ、特に内側は表面に肌あれ状のキズが多く見られた。
 - ③冷間曲げ戻し後での、軸方向切断面の金属組織観察結果では、SD390が曲げの内・外側ともに約0.07mmの亀裂や、スケールの食い込みが見られた。SD345については、特に欠陥は認められなかった。
- 熱間曲げ戻しでの金属組織観察結果では、軸に平行な微小な亀裂は、リブの立ち上がり部や、ごく表面部のキズが多く、また軸に直角なキズは、SD345・1.5D(幅1.6mm、深さ1.0mm)とSD390・1.5D(幅0.05mm、深さ0.2mm)が確認されただけである。
- ④生材と熱間曲げ戻し後の化学成分分析結果では、特に際立った成分の変化は見られなかった。
 - ⑤引張強度試験、及び伸び測定の結果を表-1・2に示す。

試験結果では、ほぼ全ての鉄筋で降伏、引張強度ともJISによる規格値を満足しているが、伸びについては、殆どの鉄筋が規格値を下回る結果となった。

鉄筋の曲げ戻しによる、機械的強度への影響は、加熱条件(900℃、1,000℃)でさほどの変化も見られず、また曲げ半径による影響も降伏、引張強度とも大きな差はなかった。むしろ、熱影響と見られる伸びの減少が多く見られる結果となった。

鉄は、一般に約700℃を変態点として、それを超えると組織に変化を生じる。すなわち、結晶粒が熱影響により粗くなり、そのため靱性が劣ってくるものと考えられる。このことは、逆に結晶粒が微粒であれば靱性が増すという一般論からも説明できる。

しかし、D32のような太径の鉄筋では、変態点以下(600℃程度)での曲げ加工は困難となり、亀裂を生じさせないよう曲げ半径を大きくする必要があり、1,000℃程度に加熱するとともに加熱幅を100mm程度にとる必要がある。¹⁾

曲げ戻し時の温度管理については、赤外線放射温度計や温度チョークによる管理が望ましいが、現場での施工の場合、キャリブレーションとしてバーナーによる加熱温度・時間を定めて置く必要がある。

曲げ戻しが想定される鉄筋の使用に当たっては、納入の際曲げ戻し試験を行う必要性も含め伸びの減少による設計上の考え方や現場での試験内容など詳細について、今後の検討課題となる。

3. まとめ

今回の鉄筋曲げ戻し試験から、以下のことが分かった。

- ①加熱温度条件(900℃、1,000℃)での亀裂の状態は、大きな差は見られない。
- ②曲げ半径(1.5D、2.0D)による亀裂への影響も大きな差は見られない。
- ③鉄筋種別では、SD345、SD390とも曲げ戻し加工による亀裂が多く見られた。また、伸びについてはSD390がSD345より劣る傾向が見られる。
- ④曲げ戻し時に発生する微小な亀裂は、強度自体に影響を受けないが、熱影響により伸びは減少する。

参考文献

- 1) 太径鉄筋の熱間曲げ加工に対する注意点; 小林明夫・大原宗行 構造物設計資料 NO.83
- 2) 材料強度要論; 榎本信助 養賢堂 1990
- 3) 電炉鉄筋の諸性質とガス圧接性; 矢部喜堂 コンクリート工学 Vol.24, No.4, April 1986

表一 引張強度及び伸び測定試験結果(SD345)

曲げ半径	試料名称	加熱温度 ℃	引張試験				伸び 20以上 %
			降伏荷重 tf	降伏強度 35~45 kgf/mm ²	破断荷重 tf	引張強度 50以上 kgf/mm ²	
1.5D	TT-2	997	32.1	40.4	43.2	54.4	13.3
	TT-3	1,009	32.4	40.8	45.0	56.6	12.8
	TS-2	905	33.8	42.5	47.7	60.1	13.5
	TS-4	1,004	34.6	43.6	47.1	59.3	13.1
2.0D	F-1	909	28.6	36.0	44.2	55.6	21.2
	F-2	1,005	28.7	36.1	44.0	55.3	19.8
	TT-1	912	31.8	40.1	44.5	56.0	17.4
	TT-3	1,012	32.1	40.4	44.7	56.2	18.9
	TS-2	905	34.0	42.8	47.4	59.7	16.0
	TS-4	1,002	34.6	43.5	48.4	61.0	15.4

表二 引張強度及び伸び測定試験結果(SD390)

曲げ半径	試料名称	加熱温度 ℃	引張試験				伸び 18以上 %
			降伏荷重 tf	降伏強度 40~52 kgf/mm ²	破断荷重 tf	引張強度 57以上 kgf/mm ²	
1.5D	IS-1	904	34.5	43.4	50.4	63.4	10.6
	IS-4	1,018	25.0	31.5	51.0	64.2	13.2
	IS-5	903	33.3	42.0	48.6	61.2	12.8
2.0D	IS-2	897	34.0	42.8	50.6	63.7	7.7
	IS-4	1,007	33.4	42.1	50.0	62.9	9.3
	IS-8	1,010	33.1	41.7	51.5	64.3	18.1