

文章编号 :1007 - 6492(2001)04 - 0077 - 04

HRB400(III)级钢筋调直后性能变化的试验研究

杨淑慧¹, 徐有邻², 刘立新¹, 管品武¹

(1. 郑州大学土木工程学院 ,河南 郑州 450002 ; 2. 中国建筑科学研究院 ,北京 100013)

摘 要 : 工程中应用的细直径钢筋进场前均是盘圆形式 ,在使用前需进行调直加工 . 针对新近推出的 HRB400(III)级钢筋中的直径为 6.8、10 mm 的细直径钢筋 ,对其调直前后的力学性能进行了试验研究 . 通过试验结果对比分析 ,得出调直后的 HRB400(III)级细直径钢筋强度(屈服强度和抗拉强度)略有降低或基本持平 ; 延性方面 ,伸长率 δ_5 略有增加 ,均匀伸长率 δ_{gt} 略有降低 ,但各性能指标仍满足标准规范的规定 ,且有一定的富余 . 工程应用时 ,可不考虑调直工艺对 HRB400(III)级细直径钢筋性能的影响 ,同时 ,采用均匀伸长率 δ_{gt} 代替伸长率 δ_5 ,并作为钢筋延性性能检验的指标 ,以真正反映钢筋的延性 .

关键词 : HRB400(III)级钢筋 ; 调直 ; 力学性能

中图分类号 : TU 375 文献标识码 : A

0 引言

在 HRB335(II)级钢筋的 20MnSi 中加入 0.05% 左右的钒(V) ,使之形成 20MnSiV ,即成为 HRB400(III)级钢筋 ,其设计强度增加 20%(由 300 MPa 增加到 360 MPa) ,而价格仅增加 6%(由 2600 元/吨增加到 2750 元/吨) . 由于具有较高的强度价格比 ,且经济效益明显 ,新修订的《混凝土结构设计规范》明确规定 ,HRB400(III)级钢筋将成为结构受力的主导钢筋 .

在混凝土结构用钢筋中 ,约有 1/5 ~ 1/4 是直径小于 12 mm 的细直径钢筋 ,主要用作板、墙类构件的受力钢筋及梁、柱构件中的箍筋 ,也大量用作架立筋、分布筋、构造筋 . 随着住宅建筑成为建筑市场的主体 ,墙、板类构件增多 ,对细直径钢筋的需求将大大增加 ,估计将接近 1/3 .

为方便运输并减少接头 ,细直径钢筋以盘圆的形式交货 ,但一般使用前须对其进行调直 ,以便施工 . 冷加工钢筋(冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝)调直后延性有所改善 ,但强度明显降低 ,因此有关规范规定 ,调直后设计强度应降低 20 MPa ,即从 $f_y = 360$ MPa 降至 $f_y = 340$ MPa . 而新近推出的 HRB400(III)级钢筋中的直径为 6.8、10 mm 的细直径钢筋 ,同样存在加工使用前的调直问题 ,因

此就不得不考虑调直工艺对其性能 ,尤其是力学性能变化的影响 .

1 试验方案

由青岛钢铁厂和唐山钢铁厂提供细直径 HRB400(III)级钢筋的试验试件共 90 根 ,直径 $d = 6.8、10$ mm ,其中调直前的试件 36 根 ,调直后的试件 54 根 . 在小吨位(100 kN)万能试验机上进行拉伸试验 ,量测其屈服强度 f_y 、抗拉强度 f_u 、伸长率 δ_5 以及均匀伸长率 δ_{gt} ^[1] ,并计算其强屈比 f_u/f_y ,以全面对比调直前后 HRB400(III)级钢筋性能的变化以及调直以后性能是否还能满足相应的钢筋产品标准 GB 1499 - 1998^[2] 的要求 . 试验装置示意图如图 1 所示 ,试件参数见表 1 ,在整个钢筋试样的量测区段均用油画笔画 ,即可量测断口伸长率 δ_5 ,又可量测均匀伸长率 δ_{gt} .

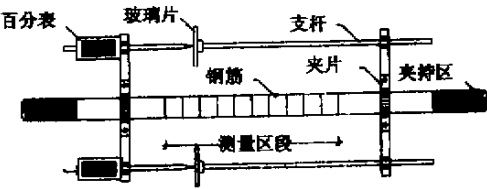


图 1 试验装置示意图

Fig.1 Testing device

收稿日期 2001 - 06 - 20 ; 修订日期 2001 - 10 - 05

基金项目 河南省自然科学基金资助项目(0040041800)

作者简介 杨淑慧(1976 -) ,女 ,河南省浉池县人 ,郑州大学硕士研究生 .

表 1 试件参数表

Table 1 Parameter of specimens

来源	试件号	直径 d / mm	试件 数量	调直 工艺
唐山钢铁厂	T.6.1'-12'	6	12	未调直
	T.8.1'-12'	8	12	未调直
	T.10.1'-12'	10	12	未调直
	T.6.1-12	6	12	调直
	T.8.1-12	8	12	调直
	T.10.1-12	10	12	调直
青岛钢铁厂	Q.6.1-6	6	6	调直
	Q.8.1-6	8	6	调直
	Q.10.1-6	10	6	调直

应该说明的是,未调直的钢筋是由盘圆上直接截取的,呈弯弧状,试验前需用木槌轻敲使之伸直后进行试验.调直钢筋是利用一般对冷拔丝进行调直加工的调直机调直.调直后钢筋上有明显的挤压伤痕,表现为横肋顶部挤压造成的亮点,量测其肋高减少大约为 0.2 mm 左右,由此而引起锚固性能的影响将另外进行专门的试验分析.

2 力学性能试验数据统计

力学性能试验结果如表 2 所示.

表 2 试验结果总表

Table 2 Testing results

试件号	数量	屈服强度 f_y /MPa	抗拉强度 f_u /MPa	强屈比 f_u/f_y	伸长率 δ_5 /%	均匀伸长率 δ_{gt} /%
T.6.1'-12'	12	59 $\overline{\chi}$ (0.061)	65 $\overline{\chi}$ (0.010)	1.104 $\overline{\chi}$ (0.065)	31.5 $\overline{\chi}$ (0.072)	13.6 $\overline{\chi}$ (0.116)
T.6.1-12	12	59 $\overline{\chi}$ (0.085)	664 $\overline{\chi}$ (0.012)	1.124 $\overline{\chi}$ (0.088)	33.5 $\overline{\chi}$ (0.055)	14.5 $\overline{\chi}$ (0.078)
Q.6.1-6	6	51 $\overline{\chi}$ (0.069)	65 $\overline{\chi}$ (0.022)	1.291 $\overline{\chi}$ (0.052)	30.7 $\overline{\chi}$ (0.082)	12.1 $\overline{\chi}$ (0.023)
T.8.1'-12'	12	524 $\overline{\chi}$ (0.014)	715 $\overline{\chi}$ (0.064)	1.358 $\overline{\chi}$ (0.063)	28.5 $\overline{\chi}$ (0.056)	12.5 $\overline{\chi}$ (0.064)
T.8.1-12	12	527 $\overline{\chi}$ (0.003)	645 $\overline{\chi}$ (0.013)	1.224 $\overline{\chi}$ (0.013)	30.5 $\overline{\chi}$ (0.050)	11.7 $\overline{\chi}$ (0.147)
Q.8.1-6	6	497 $\overline{\chi}$ (0.051)	66 $\overline{\chi}$ (0.030)	1.34 $\overline{\chi}$ (0.032)	27.5 $\overline{\chi}$ (0.126)	11.1 $\overline{\chi}$ (0.163)
T.10.1'-12'	12	636 $\overline{\chi}$ (0.013)	65 $\overline{\chi}$ (0.008)	1.021 $\overline{\chi}$ (0.015)	30.5 $\overline{\chi}$ (0.032)	13.8 $\overline{\chi}$ (0.132)
T.10.1-12	12	625 $\overline{\chi}$ (0.016)	644 $\overline{\chi}$ (0.013)	1.03 $\overline{\chi}$ (0.025)	31.8 $\overline{\chi}$ (0.033)	13.5 $\overline{\chi}$ (0.122)
Q.10.1-6	6	454 $\overline{\chi}$ (0.081)	625 $\overline{\chi}$ (0.078)	1.38 $\overline{\chi}$ (0.011)	31.5 $\overline{\chi}$ (0.026)	16.6 $\overline{\chi}$ (0.107)

说明 括号内数字为相应统计数据离散系数 δ .

为了探讨调直对于细直径钢筋力学性能的变化,列表对比了唐山钢铁厂调直前后性能的比值,如表 3 所示.

为了定量地评价调直引起细直径钢筋力学性

能变化对其使用的影响,以相应的产品标准 GB 1499-1998^[2]指标为基础,对调直后的唐山钢铁厂、青岛钢铁厂的钢筋性能进行比较,结果如表 4 所示.

表 3 HRB400(Ⅲ)级钢筋调直前后性能的对比

Table 3 Comparison of performance before and after straightened

对比性能	$d=6$ mm	$d=8$ mm	$d=10$ mm	平均值	变化/ %
屈服强度	0.992	1.006	0.983	0.994	-0.6
抗拉强度	1.011	0.902	0.991	0.968	-3.2
强屈比	1.018	0.901	1.009	0.976	-2.4
伸长率	1.063	1.060	1.043	1.055	+5.5
均匀伸长率	1.044	0.936	0.978	0.986	-1.4

说明 表中前三列数值为调后值与调前值的比值.

表 4 HRB400(Ⅲ)级钢筋调直后性能与产品指标的对比

Table 4 Compare performance with product indexes after straightened

对比性能	产品指标	$d=6$ mm	$d=8$ mm	$d=10$ mm	平均值	相对值
屈服强度 f_y /MPa	400	550	512	540	534	1.335
抗拉强度 f_u /MPa	570	661	656	635	651	1.142
伸长率 δ_5 / %	14	32.1	28.9	31.6	30.9	2.205
均匀伸长率 δ_{gt} / %	2.5	13.2	11.4	15.1	13.2	5.293

各组试验数据的离散系数都不大,约为 0.05

万万数据

左右,只有个别的情况超过 0.1.其原因可能是试

件材质本身的波动,调直工艺造成的质量不均匀;试验仪器精度和人为误差也有一定的影响。但总的来说,这批试验数据是可信的,具有一定的代表性。

3 试验结果的分析

3.1 调直对力学性能的影响

表2列出了调直前后细直径($d=6, 8, 10\text{ mm}$) 5项力学性能的试验结果(屈服强度、抗拉强度、强屈比、伸长率、均匀伸长率),基本上覆盖了包括强度和延性在内的主要性能。因此有条件对调直工艺对 HRB400 Ⅲ 级细钢筋性能的影响作出定量分析。

由表2、表3可以看出,调直后 $d=6\text{ mm}$ 和 $d=10\text{ mm}$ 的钢筋的屈服强度均有所降低, $d=8\text{ mm}$ 的钢筋的屈服强度略有提高,但提高幅度很小,可视为基本持平;调直后的抗拉强度除 $d=8\text{ mm}$ 的钢筋略有提高外,其余均有所降低。延性方面,调直后的伸长率 δ_5 均有所增加,而均匀伸长率 δ_{gt} 除 $d=6\text{ mm}$ 钢筋略有增加外,其余均有所降低。从总的趋势来看,调直将会使 HRB400 Ⅲ 级细直径钢筋的强度(屈服强度和抗拉强度)略有降低或与未调直时基本持平,伸长率 δ_5 略有增加,均匀伸长率 δ_{gt} 略有降低,但其变化的幅度均在5.5%以内,因此可以认为,调直对 HRB400 Ⅲ 级细直径钢筋的力学性能影响不大,实际工程中可不考虑调直的影响。

3.2 调直对应用条件的影响

HRB400 Ⅲ 级钢筋力学性能指标见国家产品标准《混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499-1998),它是钢筋出厂时的验收标准,也是混凝土结构设计时材料强度取值的依据。试验结果表明,HRB400 Ⅲ 级细直径钢筋性能指标仍可达到 GB 1499-1998 的要求,因而不必象冷加工钢筋(冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝)那样对设计强度进行折减。

由表4可以看出,由于产品性能优良,即使在调直以后性能有所变化,其所有的力学性指标仍能满足产品标准的要求,并且还有相当的裕量。强度方面,屈服强度和抗拉强度的检验裕量分别为33.5%和14.2%,延性指标的检验裕量更大,伸长率 δ_5 为120.5%,均匀伸长率 δ_{gt} 为429.3%。其原因除调直后延性改善以外,主要是因为产品标准

GB 1499-1998 对延性的要求太低了。

3.3 调直对力学性能影响的机理

钢筋的冷加工(冷拉、冷拔、冷轧、冷扭)是通过强大的外力改变金相组织,从而达到强化的目的。其后果是强度提高而延性大幅度降低,并且还伴随时效作用(随时间延性继续降低)。而调直的反反复曲作用使被强制变形的金相组织得以部分复原,因此强度降低,延性恢复。这也就是冷加工钢筋设计强度必须降低的原因。

热轧 HRB400 Ⅲ 级钢筋不同,其强度的提高是靠添加合金元素钒以微合金化的途径实现的。因此热轧及调直后金相组织变化很小,调直小角度的反反复曲作用,对其金相组织几乎没有什么影响,因此相应的力学性能就不可能有什么明显的变化。这也就是为什么冷加工钢筋必须考虑调直后的影响降低设计强度,而细直径的热轧带肋 HRB400 Ⅲ 级钢筋可以完全不考虑调直影响的原因。

4 结论和建议

(1) 细直径的 HRB400 Ⅲ 级钢筋调直后强度(屈服强度和抗拉强度)略有降低或基本持平;延性方面,伸长率 δ_5 略有增加,均匀伸长率 δ_{gt} 略有降低,但数值均很小,基本可以忽略。

(2) 调直后的细直径 HRB400 Ⅲ 级钢筋完全符合标准规范性能指标,并且有相当大的裕量。

(3) 在应用细直径 HRB400 Ⅲ 级钢筋时,可以不考虑调直工艺对其性能的影响。

(4) 建议以均匀伸长率(δ_{gt})替代伸长率(δ_5)作为钢筋性能检验的指标,以真正反映钢筋的延性。

(5) 我国钢筋产品标准中对延性(伸长率)的检验指标太低,已失去控制质量的意义,且不能反映我国热轧钢筋的优良延性性能。因此建议作大幅度的提高,以满足混凝土结构对延性的要求。

参考文献:

- [1] 张达勇.混凝土结构用钢筋(丝)力学性能比较的研究[D].郑州:郑州工业大学,2000.
- [2] GB 1499-1998 混凝土用热轧带肋钢筋[S].
- [3] 王传志,滕智明.钢筋混凝土结构理论[M].北京:中国建筑工业出版社,1995.
- [4] 江见鲸.混凝土结构工程学[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.

Research of the Properties of Straightened HRB400(Ⅲ) Steel Bars

YANG Shu - hui¹ , XU You - lin² , LIU Li - xin¹ , GUAN Pin - wu¹

(1. College of Civil Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 ,China ; 2. Research Institute of Architectural Science of China ,Beijing 100013 ,China)

Abstract :Being stored in the form of a circle , the fine diameter steel bars must be straightened before its use in the civil engineering. Experimenting on the recently - developed HRB400(Ⅲ) steel bars in three kinds of diameter : 6 mm , 8 mm and 10 mm , the paper researches their mechanical properties in period of before and after being straightened. And by analyses the testing results , the paper also includes that the fine diameter HRB400(Ⅲ) steel bars ' strength decreases a bit and their ductility increases a little greater , what is more , all their properties indexes conform to the Code and have more surplus. So , it suggests that it can neglect the straightening effects of the fine diameter HRB400(Ⅲ) steel bars in project , and for reflecting the steel bars ' ductility indeed , it can substitutes δ_{gt} for δ_5 to serves as testing index of ductility properties of steel bars.

Key words :HRB400(Ⅲ) steel bars ; straighten ; mechanical properties

全国第三届孤立子与可积系统
学术讨论会在我校召开

全国第三届孤立子与可积系统学术讨论会于 10 月 30 日 ~ 11 月 2 日在我校召开. 校长曹策问教授作为本次会议组委会主席主持了开幕式 , 副校长董其伍教授致开幕词. 本次会议学术委员会主席谷超豪院士及来自全国 16 所大学和科研单位的 50 余名代表参加了讨论会.

会议共收到学术论文 30 多篇 , 论文比较集中地反映了近年来我国孤立子与可积系统的主要成果及其优势和特色 , 也在一定程度上展示了新世纪孤立子与可积系统发展的主流和动向.

会议期间 , 组委会还组织了丰富多彩的文娱活动和参观考察.

(摘自《郑州大学学报》)