

冷轧带肋钢筋及其在工程中的应用*

曾志兴^① 王慧芳^②

(^① 华侨大学土木工程系, 泉州 362011; ^② 泉州鲤城建筑设计院, 泉州 362000)

摘要 冷轧带肋钢筋是近几年研究开发的一种新型高效的建筑用钢材,它具有强度高、塑性好、与混凝土握裹力强等优点。将冷轧带肋钢筋应用于混凝土结构中,在技术上、经济上都有很大价值。文中结合工程实例,介绍冷轧带肋钢筋的力学性能及其应用中的有关问题。

关键词 冷轧带肋钢筋, 力学性能, 工程应用

分类号 TU 511.320.6

目前,在混凝土建筑工程中大量采用普通低碳钢筋。它的塑性好,能给出破坏前的预兆,但强度较低,用钢量较多,很不经济。在保证结构安全的前提下,提高材料强度,达到节约建筑用钢的目的,是土木建筑部门的普遍要求。国内外建筑业常采用对钢筋母材进行冷加工以求得效益。我国50~60年代只采用冷拉和冷拔这两种传统的冷加工方法。随着钢筋冷加工技术的进一步发展,世界各国相继研制并开发了一批冷加工钢筋新品种,如冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔螺旋钢筋等。本文就冷轧带肋钢筋在建筑工程的应用,进行了研究。

1 冷轧带肋钢筋的力学性能和主要优点

1.1 冷轧带肋钢筋的基本概念

冷轧带肋钢筋是采用普通低碳钢 Q215, Q235 或低合金钢 24MnTi 热轧圆盘条为母材,经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成具有三面或二面月牙形横肋,并在轧制过程中消除内应力的钢筋。它是热轧圆盘条的深加工产品,在国外已有 20 几年的发展历史。从 70 年代起,发达国家就开始大量生产冷轧带肋钢筋,目前已广泛应用于建筑工程、高速公路、机场跑道、水电输送工程及市政建设等。80 年代中期,我国从德国和意大利引进生产线,开始生产符合国际标准的冷轧带肋钢筋,并将其应用于混凝土结构中^[1]。GB 13788-92 《冷轧带肋钢筋》和 JGJ 95-95 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》(以下简称《规程》^[2]),分别于 1993 年 6 月和 1995 年 7 月起施行;在 1996 年对 GBJ 10-89 《混凝土结构设计规范》所进行的第 2 次局部修订中,也增补了与冷轧带肋钢筋相关的内容^[1]。这标志着该项技术的成熟,同时也为今后更好地发展应用提供了依据并创造了良好的条件。

1.2 冷轧带肋钢筋的力学性能

冷轧带肋钢筋的 σ - ϵ 曲线及其比较,如图 1 所示。由图 1 可知,冷轧带肋钢筋虽属无明显

屈服点钢材,但其 $\sigma-\epsilon$ 曲线表现有一段较长的非弹性变形过程,说明强度和塑性关系比较优化,综合力学性能较好。

冷轧带肋钢筋按抗拉强度分3个级别——550级、650级和800级,抗拉强度标准值(MPa)分别为550,650和800.国外标准只有1个550级别.各级冷轧带肋钢筋主要的性能指标如表1所示.表中的抗拉强度按公称直径 d 计算, d 相当于横截面相等的光圆钢筋的公称直径; f_y 和 f_{yk} 分别表示抗拉强度和抗压强度的设计值; δ_{10} 和 δ_{100} 分别表示测量标距为10 dm和100 mm时钢筋的伸长率; E_s 为弹性模量; D 表示弯心直径.钢筋经机械调直后,一般表现为延伸率增大而强度降低.根据试验结果和《规程》^[1]规定,对于成盘供应的550级钢筋经机械调直后,其抗拉强度设计值按降低20 MPa考虑.本文取 $f_y = 360 - 20 = 340$ (MPa)进行计算.

表1 冷轧带肋钢筋的主要性能指标

钢筋级别	d/mm	f_y/MPa	f_{yk}/MPa	$\delta_{10}/(\%)$	$\delta_{100}/(\%)$	E_s/MPa	冷弯 180°时
550级	5~12	360	360	8	—	1.90×10^5	$D=3d$
650级	5~6	430	380	—	4	1.90×10^5	$D=4d$
800级	5	530	380	—	4	1.90×10^5	$D=5d$

1.3 冷轧带肋钢筋的主要优点

冷轧带肋钢筋集热轧钢筋与冷拔钢丝特点于一体,具有四方面主要优点.(1)强度高,节约钢材.冷轧带肋钢筋比普通热轧圆钢(Ⅰ级)强度提高了60%(强度比值 $340/210=1.62$),这相当于新Ⅱ级钢筋的强度,可节约钢材约40%.同时也比乙级冷拔低碳钢丝的强度高,此钢丝用于焊接骨架和焊接网时为320 MPa,用于绑扎骨架和绑扎网时为250 MPa.冷轧带肋钢筋用作预应力钢筋时,设计强度与甲级冷拔低碳钢丝相近^[1].(2)塑性好,改善构件延性.冷拔低碳钢丝的伸长率只有2.5%~3%,而冷轧带肋钢筋的伸长率大于4%(650级和800级).冷轧带肋钢筋的伸长率之所以优于冷拔低碳钢丝,是由于变形应力状态及轧件与工具之间的摩擦方式不同所致.即冷拔低碳钢丝的变形应力状态是轴向拉应力和径向压应力的作用,摩擦方式为“滑动摩擦”;冷轧带肋钢筋的变形应力状态除与冷拔低碳钢丝相同外,还伴随切向的流动,且为“滚动摩擦”方式.塑性能的提高,可大大改善构件的延性.试验证明,用冷轧带肋钢筋配置在构件中当达到破坏荷载时,构件不是立即“折断”,而是破坏前有相当的延续时间,属延性破坏.(3)三面带肋,与混凝土握裹力强.冷轧带肋钢筋与混凝土之间有良好的粘接力,它改善了混凝土与钢筋的共同工作,从而减少了裂缝宽度,相应地提高了构件刚度,也改善了构件的性能.(4)制作方便,应用范围广.冷轧带肋钢筋制作简便,钢筋骨架整体性好,不易因施工被踩踏而变形.就规格而言,冷轧带肋钢筋的直径为4~12 mm,其变化幅度比冷拔低

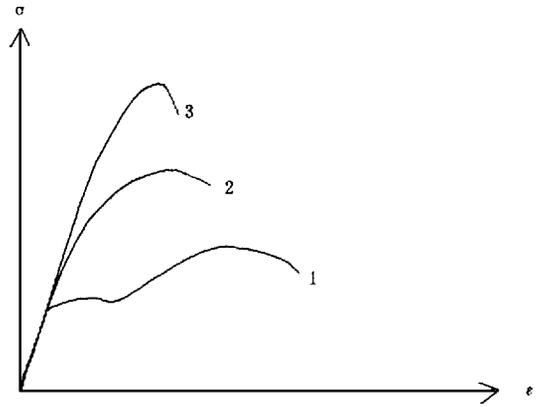


图1 钢筋 $\sigma-\epsilon$ 曲线

1. 热轧钢筋; 2. 冷轧带肋钢筋; 3. 冷拔低碳钢丝

碳钢丝(3~5 mm)大,因而适用范围较广。

2 冷轧带肋钢筋的工程应用和经济效益

2.1 冷轧带肋钢筋的工程应用

由于冷轧带肋钢筋具有上述诸多优点,国家科委把它列入“国家级科技成果重点推广计划”,建设部也下文要求积极推广应用该产品,并予以替代目前在建筑业中广泛使用的冷拔低碳钢丝和光圆级钢筋。迄今全国已有生产厂家 300 多个,年产 200 万 t 以上。辽宁、江苏、上海、福建等 10 几个省市已大量推广应用冷轧带肋钢筋。泉州的云谷小区、涂门街改造、丰泽花苑等安居工程,以及福华商厦(28 层)、建行大厦(28 层)等高层建筑相继使用冷轧带肋钢筋并取得了成功的经验。

650 和 800 两个级别的冷轧带肋钢筋,主要宜用于预应力混凝土结构构件中作为受力主筋,尤其在预应力混凝土圆孔板中替代冷拔低碳钢丝可以较大程度地改善板的结构性能,也可从根本上杜绝“滑丝”的现象。550 级冷轧带肋钢筋主要宜用于非预应力混凝土,可用作普通钢筋混凝土结构构件的受力主筋、箍筋、架立筋和构造钢筋,也可用作预应力混凝土构件中的非预应力钢筋,尤其是用作钢筋混凝土现浇板类结构构件的配筋。随着我国高层建筑的发展,商品混凝土和工业化模板技术的发展,现浇混凝土结构越来越多,发展直径 5~10mm 的 550 级冷轧带肋钢筋作现浇楼、屋面的配筋,以取代热轧级钢筋,将有十分明显的优越性。本文着重介绍这方面的应用情况。冷轧带肋钢筋与级光圆钢筋需要代换时,可根据等强度替代的原理进行计算,即

$$A_{SL} = \frac{210}{340} A_{SI} = 0.62 A_{SI} \quad (1)$$

式中 A_{SL} 为拟采用的冷轧带肋钢筋截面面积, A_{SI} 为原设计级光圆钢筋截面面积。从式(1)可知,1 根 $\varnothing^L 5$ 可代换 1.62 根 $\varnothing 5$ 或 1.12 根 $\varnothing 6$; 1 根 $\varnothing^L 6.5$ 可代换 1.07 根 $\varnothing 8$; 1 根 $\varnothing^L 8$ 可代换 1.04 根 $\varnothing 10$ 。其中 \varnothing 表示级光圆钢筋,设计强度为 210 MPa; \varnothing^L 表示 550 级冷轧带肋钢筋,设计强度为 340 MPa。

据不完全统计,泉州市涂门街改造工程中有 10 几栋商住楼应用冷轧带肋钢筋,面积大于 7 万 m^2 。例如东段的 15 号楼为 6 层框架结构,建筑面积 4 051 m^2 。已出图的设计中楼板为级圆钢配筋。经建设单位、施工单位和设计单位共同研究协商,现浇板内的配筋全部采用冷轧带肋钢筋替代,下述为其作法。(1)按等强替代的原理,对跨中钢筋、支座钢筋、分布钢筋和其它构造钢筋进行替代。即 $\varnothing^L 5$ 代 $\varnothing 6$; $\varnothing^L 6.5$ 代 $\varnothing 8$; $\varnothing^L 8$ 代 $\varnothing 10$, 直接以 1 根代换 1 根也不改变原设计的长度、间距。(2)除了验算强度之外,尚应验算裂缝宽度和变形。本工程裂缝宽度和变形经验算均满足要求。(3)冷轧带肋钢筋因表面有月牙形横肋,与混凝土的粘结锚固性能好,所以钢筋末端不作弯钩,但支座钢筋的 90°弯折仍照进行^[1]。(4)钢筋的连接采用绑扎,严禁采用焊接接头。搭接处的两端也可不制作弯钩。(5)本工程所用冷轧带肋钢筋由生产厂家根据施工单位下料单供货,现场仅需弯制支座负筋的直钩,省去了调直工序,没有短头废料,施工方便。

2.2 冷轧带肋钢筋的经济效益

冷轧带肋钢筋用于现浇工程中,当采用等强代换时,相对于级钢筋节约钢材 38.24%,

即 1 t 冷轧带肋钢筋相当于 1.619 t 的 I 级钢筋的使用价值. 若按冷轧带肋钢筋单价为 3 700 元 · t⁻¹, I 级钢筋单价为 3 000 元 · t⁻¹ 计算, 则可节约造价 $3\ 000 - 3\ 700 \times (1 - 38.24\%) = 715$ 元 · t⁻¹, 节约率为 $(715 \div 3\ 000)\% = 23.83\%$ (即 $\frac{1.619 \times 3000 - 3700}{1.619 \times 3000}\% = 23.83\%$). 具体代换时的节约效果如表 2 所示.

根据国民经济和社会发展规划, 我国每年约需建造城镇住宅 1.5 亿 m². 这些住宅的楼板和屋盖基本上采用混凝土结构, 如果每平方米楼板的用钢量按 8 kg (I 级钢) 计算, 则每年需钢材 120 万 t. 一旦改用冷轧带肋钢筋后按节材 30% 计, 每年可节材 36 万 t; 按 3 000 元 · t⁻¹ 计, 每年将节省人民币 10.8 亿元. 经济效益相当显著.

表 2 冷轧带肋钢筋的节约效果

代换内容	节约钢材	降低造价%
Ø ¹ 5 代 Ø6	30.74	14.35
Ø ¹ 6.5 代 Ø8	34.00	18.86
Ø ¹ 8 代 Ø10	35.92	20.94

3 结束语

(1) 从技术和经济的角度综合分析, 推广应用冷轧带肋钢筋有着良好的前景. (2) 冷轧带肋钢筋用于现浇钢筋混凝土连续梁板中, 宜考虑塑性内力重分布较为合理. (3) 生产厂家应保证冷轧带肋钢筋的生产质量, 改进工艺, 降低销售价格. (4) 冷轧带肋钢筋应用技术尚须拓宽领域, 深化基本理论和工程应用的研究.

参 考 文 献

- 1 沈蒲生. 我国冷轧带肋钢筋混凝土结构发展状况和存在问题. 建筑技术, 1998, 29(2): 99 ~ 101
- 2 中国建筑科学研究院编. JGJ 95-95 冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 6 ~ 31
- 3 中国建筑科学研究院编. GBJ 10-89 混凝土结构设计规范——1996 年局部修订条文及说明. 建筑结构, 1997, (3): 37 ~ 48
- 4 甘尚琼. 冷轧带肋钢筋在现浇楼盖中的应用. 住宅科技, 1998, (6): 43 ~ 48

Cold-Rolled Ribbed Bar and Its Application to Engineering

Zeng Zhixing^① Wang Huifang^②

(^① Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou;

^② Licheng Inst. of Arch. Design, 362000, Quanzhou)

Abstract As a new type efficient building steel material, the cold-rolled ribbed bar is characterized by high strength, good plasticity and high bondability. To apply it to the concrete structure is of great technical and economic value. The mechanical performance of cold-rolled ribbed bar and relevant issues in its application are briefed in the light of engineering examples.

Keywords cold-rolled ribbed bar, mechanical performance, engineering application