

500 级螺旋肋钢筋混凝土构件受弯性能试验研究

钱 伟¹, 吴 军², 刘立新¹

(1. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 濮阳市规划建筑设计研究院, 河南 濮阳 457000)

摘 要 : 为了推广 500 级螺旋肋钢筋在实际工程中的应用, 按照相关规范, 对其基本材性及其作主筋的受弯构件承载力及裂缝、刚度等性能进行了试验研究. 试验表明, 螺旋肋钢筋锚固性能优良、延性好, 其受弯构件具有较好的受力性能及延性表现. 通过与现行规范的对比计算可见, 此类钢筋作主筋的受弯构件可按现行规范(GBJ 10 - 89)进行设计, 钢筋设计强度偏于安全取为 360 MPa, 可广泛用于平板及小梁等非预应力构件.

关键词 : 螺旋肋钢筋; 受弯构件; 承载力; 裂缝; 变形

中图分类号 : TU 37 文献标识码 : A

0 引言

螺旋肋钢筋是在碳素钢丝的基础上经外形改进的钢筋品种, 其高强产品已于 1996 年以修改单的形式列入国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223 - 1995), 标准强度 1470 ~ 1770 MPa. 在保持螺旋肋钢筋优良外形的基础上, 又发展了 500、800 级等中高强产品. 近年来应用 800 级产品开发了 4 ~ 6 m 中等跨度的预应力空心板, 结构性能良好. 而 500 级螺旋肋钢筋价格较低, 应用于非预应力构件替代以往的低强钢筋, 不仅可以提高构件的强度储备, 而且具有较好的经济性.

1 试验研究

1.1 基本材性

螺旋肋钢筋采用与高强钢丝及刻痕钢丝相同的母材, 轧制过程中形成 3 ~ 4 条连续螺旋凸肋. 其基圆直径 $D_1 = 0.96d$, 外轮廓直径约为 $1.07d$, 肋高 b 约为 $0.055d$, 肋宽 a 约为 $0.29d$ (d 为公称直径). 其螺旋状肋可承受拉力, 因此不仅有效面积不减小, 而且具有优良的锚固性能. 通过各种钢丝锚固性能比较后可见, 螺旋肋钢丝不仅锚固强度高、锚固刚度大而且锚固延性好.

在进行构件试验的同时, 对 500 级螺旋肋钢

筋进行了材料性能试验, 确定了这种钢筋的基本力学指标.

本次试验钢筋均为济南钢厂生产的 500 级螺旋肋钢筋, 共有 3 种直径类型: $\Phi 5$, $\Phi 6$, $\Phi 8$. 对 3 种直径钢筋分别取样 5 ~ 8 根, 长度为 400 mm 左右. 按标准试验方法进行拉伸试验, 确定了钢筋的伸长率 δ_5 、均匀伸长率 δ_{gt} 及极限强度 σ_b . 试验结果见表 1.

表 1 500 级螺旋肋钢筋力学性能指标

直径代号	σ_b 平均值/ MPa	δ_5 平均值/ %	δ_{gt} 平均值/ %
$\Phi 5$	637.5	18.14	2.99
$\Phi 6$	587.4	18.31	2.86
$\Phi 8$	573.4	19.95	4.00

从表 1 中可见, 各种直径钢筋极限强度均在 600 MPa 左右, 强度较高. 伸长率 δ_5 的量测值均在 15% 以上, 最高可达 21.27%. δ_{gt} 值均在 2.0% 以上, 平均值超过 2.5%, 符合国际标准 ISO 中钢筋均匀伸长率 δ_{gt} 在 2% ~ 2.5% 之间的要求^[1]. 这在一定程度上克服了传统冷加工钢筋延性较差的弱点, 是目前使用的冷加工钢筋的理想换代产品.

1.2 试验构件设计及制作

参考有关图集^[2~4]试验中共设两类构件: 受弯平板及受弯梁. 构件配筋形式如图 1, 具体参数见表 2. 所有构件均贴混凝土应变片, 仅每组第二

构件贴钢筋应变片,梁均贴铜豆。

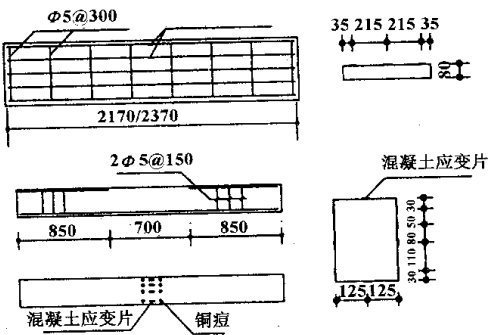


图 1 梁板配筋示意图
表 2 构件配筋总表

构件编号	混凝土等级	L	b × h	A _s	箍筋或横向配筋
B-1-1	C15	2100	500 × 80	5Φ5	Φ5@300
B-1-2	C15	2100	500 × 80	5Φ5	Φ5@300
B-2-1	C25	2100	500 × 80	6Φ6	Φ5@300
B-2-2	C25	2100	500 × 80	6Φ6	Φ5@300
B-3-1	C25	2400	500 × 80	5Φ5	Φ5@300
B-3-2	C25	2400	500 × 80	5Φ5	Φ5@300
B-4-1	C15	2400	500 × 80	6Φ6	Φ5@300
B-4-2	C15	2400	500 × 80	6Φ6	Φ5@300
LA-1	C15	2400	200 × 300	4Φ8	2Φ5@150
LA-2	C25	2400	200 × 300	5Φ8	2Φ5@150

1.3 加载及量测

(1)加载及量测内容:所有构件均采用三分点加载方案,加载设备用千斤顶及分配梁,由压力传感器配合便携式应变仪测读压力值,试验中量测跨中挠度值、支座沉降值、钢筋应变、混凝土应变、开裂荷载、极限荷载、裂缝宽度及间距。按《混凝土结构试验方法标准》(GB 501582-91)计算加载程序。

(2)量测方法:百分表读数及钢筋、混凝土应变读数由 7V13 型数据采集仪读取并打印,用手持应变仪测量铜豆间混凝土应变值,用 5 倍放大镜观测裂缝,裂缝宽度用 MD20 型刻度放大镜读取。

2 试验结果及分析

在国际上,一般将 500 MPa 作为钢筋应用于预应力和非预应力的强度限值,即钢筋强度在 500 MPa 以下用于非预应力结构,而在国内,非预应力构件一直采用 II 级钢等强度较低的钢筋,未全面进行 500 MPa 钢筋用于非预应力构件的研究,非预应力构件中受力主筋强度的提高,会带来裂缝、刚度等问题,有必要进行相应的研究。

2.1 受力特点及破坏形态

构件加荷过程中,裂缝首先在纯弯段或集中力附近出现,此时挠度曲线发生转折,其后,裂缝数量逐渐增加,宽度及长度发展较为缓慢,挠度增长速度比前一阶段快,当荷载临近极限荷载时,裂缝数量不再增加,裂缝间距趋于稳定,裂缝宽度和长度发展增快,此时,挠度曲线出现较大转折,所有构件均在这一阶段达到挠度或裂缝破坏标志,进行超加载后,构件承载能力还能继续有所增长,裂缝和挠度进一步发展,随后混凝土压碎或主筋拉断,构件承载力降低或丧失。

所有构件均表现为延性破坏特征,对于受弯平板在承载力降低前,裂缝和挠度先后均能达到破坏标志,承载力的降低均为压区混凝土压碎而引起,但随后仍有一定承载力,挠度曲线出现下降段,对于梁构件,均为裂缝达到破坏标志,直至承载力丧失时挠度仍较小,在超加载下梁 LA-1 主筋拉断,LA-2 由于钢筋流型承载力降低。

部分构件裂缝图及挠度曲线见图 2、3 所示。

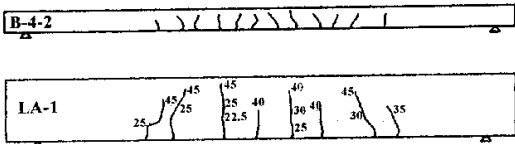


图 2 构件裂缝图

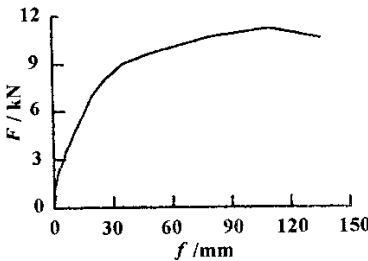


图 3 构件 B-4-1 挠度曲线

2.2 受弯承载力分析

按照《钢筋混凝土设计规范》(GBJ 10-89)的有关公式进行构件受弯承载力的计算,混凝土及钢筋强度值均取试验实测值,计算各构件的理论承载力,计算结果见表 3 所示。

由表 3 中计算结果可以看出,采用规范公式计算结果与构件的实测破坏弯距值符合较好,且有一定余量。

2.3 裂缝及挠度

正常使用下弯距值可近似取为弯距设计值的 1/1.3 (钢筋强度设计值取 360 MPa),并由此可反算出正常使用的试验荷载,根据《钢筋混凝土设计

规范《GBJ 10-89》的具体公式可进行各构件正常使用试验荷载下的平均裂缝宽度及跨中挠度的计算,并与试验结果比较。

对于螺旋肋钢筋,因有较好的粘结锚固性能,

可考虑较小的外形特征系数。表 3 中平均裂缝宽度的计算采用钢筋的外形特征系数为 0.65,并列出了正常使用下挠度 f 的计算比较结果。

表 3 受弯构件性能比较

构件编号	实测 M_u	计算 M_u	实测 M_u / 计算 M_u	实测 w_m /mm	计算 w_m /mm	实测 f /mm	计算 f /mm	破坏标志
B-1-1	3.458	2.745	1.260	0.10	0.07	4.99	7.94	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-1-2	2.936	2.726	1.077	0.03	0.06	3.64	6.78	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-2-1	4.550	4.415	1.031	0.07	0.06	9.82	12.29	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-2-2	5.341	4.411	1.211	0.10	0.07	9.79	12.93	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-3-1	3.518	2.841	1.238	0.00	0.06	2.00	6.67	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-3-2	3.702	2.852	1.297	0.00	0.06	2.75	6.65	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-4-1	4.984	4.103	1.215	0.05	0.07	8.08	12.49	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
B-4-2	5.534	4.103	1.349	0.05	0.07	5.80	12.49	$w_{max}=1.5\text{ mm}$, $a=l/50$,混凝土压碎
LA-1	27.125	22.045	1.230	0.08	0.11	2.11	2.68	$w_{max}=1.5\text{ mm}$
LA-2	37.905	28.589	1.326	0.06	0.07	1.73	2.08	$w_{max}=1.5\text{ mm}$

从表 3 中可见,对于正常使用下裂缝平均宽度,虽然有实测值超出计算值现象,但总体上计算结果与实测值还是吻合的。而对于构件正常使用下的挠度,数据表明,各构件计算值均大于实测值,计算值与实测值之比均在 1.2 以上,余量较大。可见,500 级螺旋肋钢筋混凝土构件可采用规范公式进行计算,其中受弯承载力及挠度计算余量较大。

3 结论及建议

(1) 采用 500 级螺旋肋钢筋的平板及梁受力性能良好,具有明显的延性破坏特征。

(2) 500 级螺旋肋钢筋混凝土构件可用《钢筋混凝土设计规范》(GBJ 10-89)的有关公式进行

极限受弯承载力、正常使用下裂缝及挠度的计算。

(3) 500 级螺旋肋钢筋可替代低强冷加工钢筋作为平板及小梁中非预应力主筋,设计强度可采用 360 MPa。

参考文献：

[1] 刘立新. 冷轧扭钢筋混凝土空心板受力性能的试验研究 [A]. 张承起. 冷轧扭钢筋应用技术论文选集 [C]. 北京: 中国建材工业出版社, 1999.

[2] 92ZG301, 中南地区通用建筑标准设计——钢筋混凝土平板 [S].

[3] 92ZG311, 中南地区通用建筑标准设计——钢筋混凝土单梁 [S].

[4] GBJ 10-89, 钢筋混凝土设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.

The Concrete Member under Bending Reinforced with DW500

QIAN Wei¹, WU Jun², LIU Li-xin¹

(1. College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Puyang Constructive Institute of Plan & Design, Puyang 457000, China)

Abstract: In order to extend the use of the steel with spiral ribs (500 MPa), the mechanical properties of the steel and the members under flexure reinforced with it are studied in the experiments according to some codes. The steel has excellent ductility and excellent bond with concrete; good properties (strength, cracking and stiffness) and good ductility of the members are showed in the experiments. Through comparing with the results calculated from the code, it proves that the members can be designed according to the current code (GBJ10-89) and that 360MPa can be selected as the designed strength of this steel.

Key words: deformed steel; member under flexure; ultimate strength; cracking; deflection