

建议的异形柱纵筋最小配筋率对结构设计的影响

王依群¹, 冉令譔², 严孝钦¹

(1 天津大学建筑工程学院暨港口与海洋工程教育部重点实验室, 天津 300072, 2 公安部天津消防研究所, 天津 300381)

摘要:《混凝土异形柱结构技术规程》JGJ149-2006 实施以来, 异形柱肢端最小纵筋配筋率的强制性条文在非抗震和 6 度抗震设防区设计中颇受争议, 影响到规程的执行。本文根据作者不久前提出的异形柱纵筋最小配筋率建议编制了计算机软件, 对若干实际工程进行试设计, 并与用 CRSC 软件按现行规程设计结果的用钢量进行了比较, 结果表明建议的最小配筋率对受力较小的结构节省钢筋, 建议的配筋方案可提高 T 形柱的延性。

关键词: 钢筋混凝土; 异形柱; 纵向钢筋最小配筋率

1 引言

《混凝土结构设计规范》GB50010-2002^[1] (以下简称“规范”) 规定受压构件最小配筋率的目的是抑制该构件的脆性破坏, 避免混凝土被突然压溃, 并使受压构件具有必要的刚度和抵抗荷载偶然偏心作用的能力。因而, 规范 9.5.1 条对矩形截面柱规定了全部纵筋的最小配筋率 (总配筋率) 0.6% 和截面一侧纵向钢筋最小配筋率 (单侧配筋率) 0.2%。规范 11.4.12 条对抗震设计时构件截面总最小配筋率有所提高, 虽对单侧最小配筋率没有提高, 但很多情况下最小配筋是由单侧最小配筋率控制, 尤其是柱截面两边长相距较大时。规范这两个条文均是强制性条文, 即设计时必须执行, 可见问题的重要性。

《混凝土异形柱结构技术规程》JGJ149-2006^[2] (以下简称“规程”) 6.2.5 条参照上述二条文对 L、T、+ 字形截面柱制定了截面总配筋率, 和相当于上述单侧最小配筋率的截面肢端最小配筋率。因规程还有在截面肢端异形柱及两方向肢相交处放置直径宜相同的纵筋规定, 由此造成截面最小配筋往往由肢端最小配筋率控制。规程出台后, 很多设计人员反映最小配筋偏大, 经研究, 我们在今年早些时候发表的文章对此提出最小配筋率的建议。

2 建议的异形柱纵筋最小配筋率

现行规程截面肢端最小配筋率是以全截面面积的 0.2 个百分点表示的, 针对 L、T、+ 字形截面柱的各自不同情况, 建议如下。

2.1 + 字形截面柱

因处于受弯肢中部且垂直于受弯肢的肢对受弯承载力影响较小, + 字形截面可按面积 $b \times h$ (即一肢面积, 如图 1 示) 的 0.2% 作为肢端纵筋的最小面积。

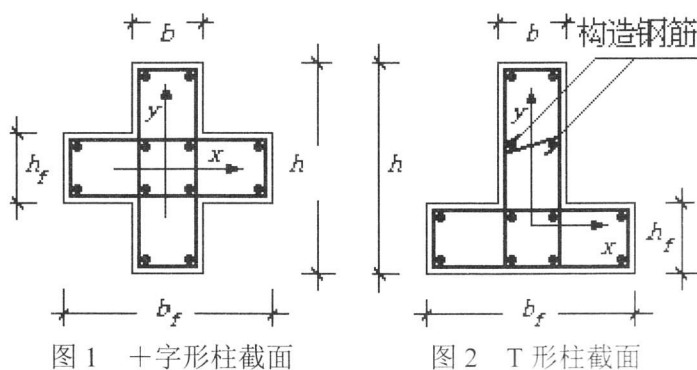


图 1 + 字形柱截面

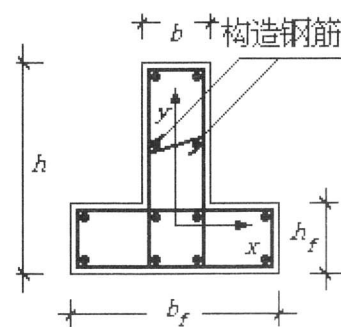


图 2 T 形柱截面

作者简介: *王依群 (1953—), 男, 博士, 副教授, 主要从事钢筋混凝土结构、工程抗震 (yqwangtj@hotmail.com)

2.2 T形截面柱

如图2示,当压力沿x方向有偶然偏心,图中水平向肢端的纵筋配筋率可按+字形截面柱的分析处理。

当沿y方向有偶然偏心时,图示上部混凝土面积明显小于下部面积,致使此情况下受压性能很差,反映在柱N—M相关曲线(图4)上的大小偏压界限点偏低。要防止小偏压脆性破坏,须提高该界限点的轴压力值,这可通过增大截面该肢端的纵筋量解决。图4所示为两种配筋方式的T形柱截面(图3)的N—M相关曲线展示了竖向肢上端纵筋面积的增加对大小偏压界限点提高的明显效果。

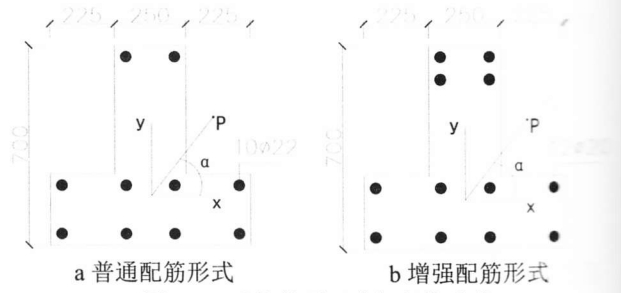


图3 T形柱截面尺寸与配筋形式

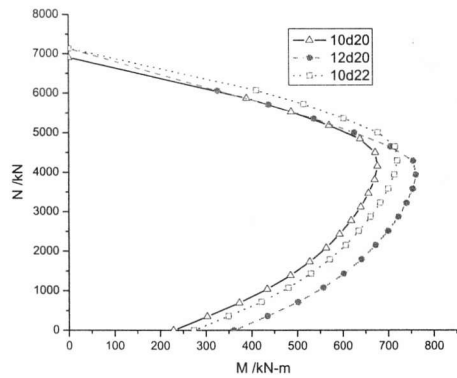
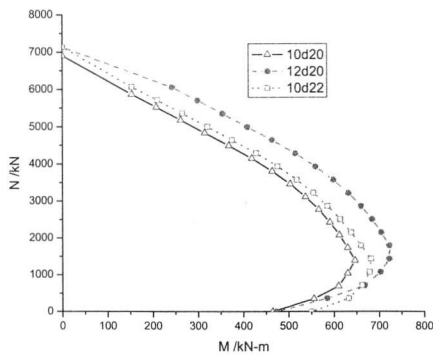


图4 T形 α 为90度时两种配筋形式的N—M相关曲线 图5 T形 α 为270度时两种配筋形式的N—M相关曲线

当弯矩作用方向角 α 为90度时,即偏心压力作用在图3示柱截面竖向肢上端,增强配筋形式12d20(前后数字分别为柱全截面的受力纵筋根数和直径)大小偏压界限对应的轴力比普通配筋形式10d22的大;前者界限破坏时的轴压比为0.294,后者为0.228(图4),前者比后者提高近30%。增强配筋形式的N—M曲线几乎全部包住了普通配筋形式的N—M曲线;增强配筋形式最大受弯承载力比普通配筋形式的大12%(界限破坏附近)。弯矩作用方向角为90度时12d20的比10d22的受弯承载力要大些。但在轴压力接近零处后者的比前者的略大[3, 4]。图4、图5没表示的方向,除弯矩作用方向角等于0度、180度,后者比前者受弯承载力略有降低外(图6),其它弯矩作用方向角时,两种配筋形式的受力性能介于图4、图5所示的之间,增强配筋形式的受力性能要好些。

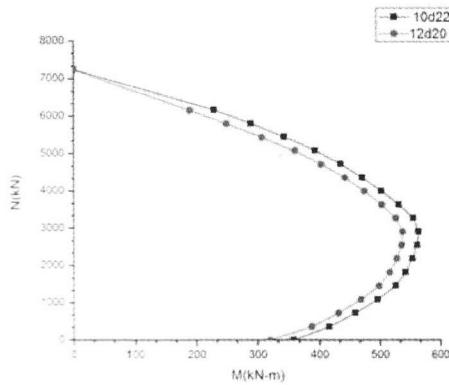


图6 T形柱作用方向角为0、180度时两种配筋形式的N—M相关曲线

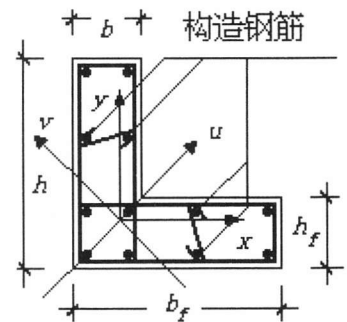


图7 L形截面

考虑到双向偏压异形柱任一纵向受力钢筋均可能发生受力最大现象,规程6.2.3条规定纵向受力钢

筋直径宜相同。并由前述理由,我们推荐采取图3b示的增强配筋形式,因此,建议图3示的竖向肢上肢端最小配筋量是水平向肢端最小配筋量的2倍,即规定该肢端的最小配筋率为按其所在肢截面面积的0.4%,以减小竖向肢端受压时小偏心受压脆性破坏,避免或推迟塑性铰的出现^[3]。

2.3 L形截面柱

当偶然偏心使得压力作用在图7示的v轴上时,受压肢端混凝土面积小,与前述T形柱腹板肢外端类似,肢端配筋不可太小,肢端最小配筋面积仍按现规程,按全截面面积的0.2%采用^[5]。

2.4 截面总配筋率

随着肢端配筋率的提高并参照规范对于矩形柱的相关规定,建议异形柱的最小总配筋率如下表。

表1 柱全部纵向受力钢筋最小配筋百分率(%)

现行标准或本文 建议	柱类型	抗震等级或非抗震			
		二级	三级	四级	非抗震
规范对矩形柱	中柱、边柱	0.8	0.7	0.6	0.6
	角柱、框支柱	1.0	0.9	0.8	0.8
规程对异形柱	中柱、边柱	0.8	0.8	0.8	0.8
	角柱	1.0	0.9	0.8	0.8
本文建议 对异形柱	中柱、边柱	0.9	0.8	0.7	0.7
	角柱	1.0	0.9	0.8	0.8

可见,异形截面中、边柱建议值均为矩形柱规定值增加0.1%,角柱建议值与现行规程保持一致,改进了现行规程总配筋率不随抗震性能要求的提高而提高的不正常现象。实际上,按现行规程的工程设计,柱截面配筋量是由各肢端最小配筋率和规程6.2.3条受力纵筋直径宜相同控制,地震设防烈度低时,全截面配筋被上述理由提高到了0.8%。

4 用钢量分析及工程实例比较

如前文所述,对异形柱截面最小配筋率提出调整建议,本节分析一下用钢量。

+字形截面柱在非抗震和三、四级抗震设计时,总配筋量会有所减小。比如规程允许的最小截面尺寸(肢宽200mm,肢高500mm)的+字形截面柱可由现在的配筋12d16变为12d14,用钢量减少30.67%。

对于T形截面柱的配筋方式,由图4-6可见普通配筋形式10根d级钢筋的性能(承载力和延性)不如增强配筋形式12根d-1级钢筋的性能,但后者的配筋量比前者还略少些。即使配筋量有所增加,从防止脆性破坏的角度看还是必须的。

在结构受水平荷载较小时,即T形截面柱配筋由最小总配筋率控制时,按前述建议,图2示的竖向肢端与其它肢端单独计算最小配筋率,与现行规程相比之下,如按增强配筋形式,竖向肢端多配些,两水平肢端少配了些(该肢面积的0.2%),总钢筋量不增加或略有增加。比如规程允许的最小截面尺寸(肢宽200mm,肢高500mm)的T字形截面柱可由现在的配筋10d16变为12d14,用钢量减少6.02%。对于受力控制配筋的顶层T形柱,由于轴压比很小,按建议方法及图4可见配筋量会有所增加。

L形截面柱地震设防烈度较低时,建议的配筋率没有改变。

工程实例,某13层异形柱框架剪力墙结构住宅,6度地震设防,II类场地,设计地震分组:二组,框架抗震等级为三级。计算中考虑双向水平地震同时作用,并考虑质量偶然偏心影响。基本风压0.4kN/m²。C30混凝土,HRB400钢筋。每标准层(图7)有14根柱。柱倾覆弯矩占总抵抗弯矩的百分比为46.05%。

首先使用2010年08版本PKPM-SATWE软件计算结构内力,再使用按现行异形柱规程编制的CRSC软件^[6]对混凝土柱配筋和按本文建议的配筋率和T形柱配筋方法使用修改后的CRSC软件配筋。两次

配筋结果及其比较如下。T形截面柱受力纵筋根数由10根变为12根，除了图7顶层上侧轴线T形柱纵向钢筋直径未变引起钢筋用量增加外，其余T形柱受力钢筋直径都减小一、二个等级，有的纵筋直径由18mm变为16mm，有的纵筋直径由22mm变为18mm。CRSC软件累计柱纵向受力钢筋总用量按现行规程为10.819t、按本文建议为9.890t（两数均包括矩形柱的钢筋），后者比前者节省8.6%，如果只计算异形柱的纵向受力筋，节省的数值比例会更大。

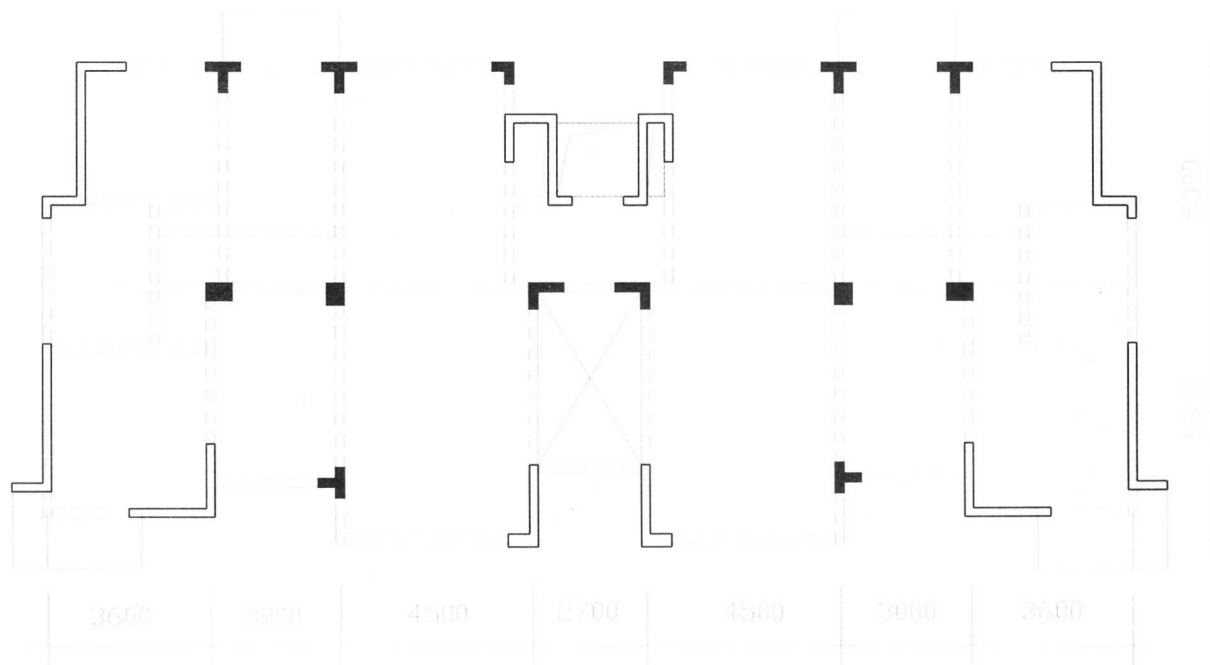


图7 标准层平面

我们计算比较了近百个实际工程得到的结果表明，对于受水平荷载较小的结构主要受构造要求控制配筋量、特别是+字形截面柱较多的结构，配筋量节省可在10%及以上。层数少的结构，因柱轴压比小于0.1的柱占柱总数的比值大，结构的柱总配筋量几乎不减小，有的还有少量增加。

5 结论

本文简介了对异形柱最小配筋率与T形柱配筋方式的建议，编制了相应的计算机软件，并通过工程实例进行了试设计，结果表明除轴压比很小的房屋顶层T形柱外，无论非抗震、低设防烈度和较高烈度地震设防的房屋异形柱总配筋量均有10%左右的减小，并提高了T形截面柱的延性性能。

本文的建议供设计人员和有关部门修订规程时参考。文中不当之处，敬请读者指正。

感谢CRSC用户提供的工程算例。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国建设部，GB50010—2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京，中国建筑工业出版社，2002
- [2] 中华人民共和国建设部，JGJ149—2006 混凝土异形柱结构技术规程[S]. 北京，中国建筑工业出版社，2006
- [3] 王依群，刘中吉，冉令让. 二级抗震等级异形柱框架结构抗震性能评价[J]. 天津大学学报，2008，41（2）209-214.
- [4] 忻鼎康、邓景纹. 钢筋混凝土T形截面柱双向轴压比及配筋研究[C]//王依群. 混凝土异形柱结构理论及应用. 北京：知识产权出版社，2006：42—48.
- [5] 王依群、严孝钦. 钢筋混凝土异形截面柱纵筋最小配筋率研究[C]//第19届全国结构工程学术会议论文集，2010
- [6] 严士超，康谷贻，王依群，赵艳静，陈云霞. 混凝土异形柱结构技术规程理解与应用[M]中国建筑工业出版社，2007.11