

[文章编号] 1002-8412(2006)06-0078-03

任意形状截面双向偏心受拉构件大小偏心的判别

王依群, 梁发强 (天津大学, 天津 300072)

[摘要] 《建筑抗震设计规范》GB50011-2001 对钢筋混凝土柱小偏心受拉情况做出了钢筋配置的严格规定, 但目前现行国家设计标准、设计手册和钢筋混凝土结构教科书均没有关于任意形状乃至矩形截面双向拉弯柱大、小偏心状态的判别方法, 致使抗震规范的规定无法执行。本文提出的判别方法填补了此空白, 且简便易行。

[关键词] 任意形状截面; 双向; 偏心受拉构件

[中图分类号] TU311 [文献标识码] A

Judgment of Large or Small Eccentricity for Bidirectional Eccentric Tension Members with Arbitrary Shape Section

Wang Yi-qun, Liang Fa-qiang (Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: There is a strict stipulation on the longitudinal reinforcement for the small eccentric tension members in the "Code for Seismic Design of Buildings" GB50011-2001. But the method to judge a member with arbitrary shape section in small eccentric tension state can not be found in any current national standards, design manuals or textbooks; this situation causes a great difficulty to implement the Code's stipulations. This paper fills this gap. The method presented is simple and practical.

Keywords: arbitrary shaped section; biaxial directions; eccentric tension member

1 问题的提出

为避免在地震作用组合作用下钢筋混凝土柱全截面受拉(即小偏心受拉),使纵筋受拉屈服,以后再受压时,由于包兴格效应,导致纵筋压屈,《建筑抗震设计规范》GB50011-2001 第 6.3.9 条规定柱纵筋总截面面积计算值增加 25%。《混凝土结构设计规范》GB50010-2002 第 7.4.2 条及钢筋混凝土结构教材只给出了矩形截面单向偏心受拉时大小偏心状态的判别公式。现在结构设计中普遍采用三维有限元软件计算,这些软件均可输出柱的轴向(拉)力和双向偏心距。如果在地震作用组合下柱受拉的话,结构中的绝大多数柱均处于双向偏心受拉状态,另外,对于非矩形截面柱受拉时也无可用公式判别其属于全截面受拉与否。这给规范条文规定的执行带来障碍。例如,2003 年 7 月出的《新规范 PKPM 设计软件实作手册》第 45 页称:“在双偏拉时由于无法确定是

否为小偏心而无法考虑”,即未按抗震规范去做。因此很有必要给出简便易行的大小偏心受拉判别方法,以解设计之急需。本文提出下述方法,供大家参考。

2 大小偏心受拉的判别方法

对于单向小偏心受拉(即全截面受拉)构件,《混凝土结构设计规范》GB50010-2002 第 7.4.2 条的判别条件是轴向拉力作用在钢筋 A_s 与 A_p 的合力点和 A_s 与 A_p 的合力点之间。可以看出,对于双向偏心受拉的矩形截面,只要轴向拉力作用点处于截面纵向钢筋包围的面积(图 1 虚线所示)之内,则全截面均受拉,因其在截面两主轴方向均满足混凝土规范第 7.4.2 条的判别条件,否则为大偏心受拉。

3 判别方法的证明

对于任意形状(如“工”、“L”、“T”、“+”、“Z”形等)截面,当轴向拉力作用点处于截面外侧纵向钢筋连线围成的外凸的面积之内(例如图 1 示的“+”形截面虚线所示),则属于全截面均受拉。对于“工”、“L”、“T”、“Z”等形状的截面也同样。以下以一偏心

[收稿日期] 2005-10-27

受拉的 L 形截面构件为例给出力学证明。

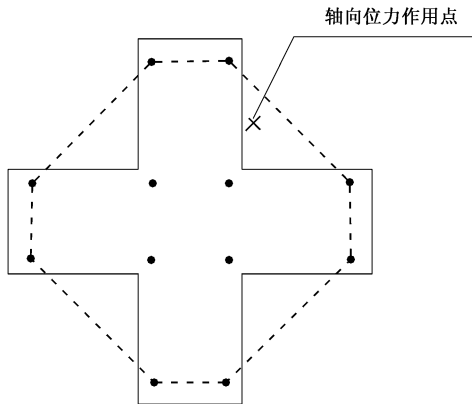


图 1 “+”形截面柱小偏心受拉

图 2 所示为一 L 形截面,轴向拉力作用在 A 点,以 A 为坐标原点,以垂直于 L 形截面纵筋位置连线围成的外凸面积相邻边的直线为 x 轴,以此轴的垂线为 y 轴。由截面应变保持平面的假定,且不计混凝土的抗拉强度,截面上的力在 x - y 平面的投影如图 2 下部。根据绕 y 轴的弯矩平衡,截面上所有的力对 o 点起矩,可得:

$$M_y = \sum_{i=1}^8 F_i x_i = 0 \quad (1)$$

式中: F_i 为第 i 根钢筋拉力(正为拉,负为压); x_i 为第 i 根钢筋的 x 坐标。

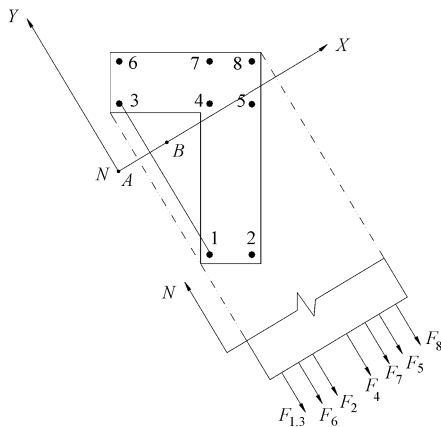


图 2 L 形截面力分布

由式(1)可见,如 F_i 均为正,即所有钢筋均受拉力作用(小偏心受拉),要使式(1)成立, x_i 必须不全为正或不全为负,此情况对应于外拉力作用在图中 B 点位置(以 B 点为坐标原点, $x_1 < 0$ 、 $x_3 < 0$ 等),由此证明外拉力作用点在钢筋中心连线围成的外凸面积之内是小偏心受拉的必要条件。

反之,如果 x_i 有正有负,即外拉力作用点在钢筋中心连线围成的外凸面积之内,所有钢筋力 F_i 必定全为拉力。证明如下:若钢筋所受的力有拉力也有压力,由平截面假定,受拉力的钢筋和受压力的钢筋必各分布在截面的两不同端(如图 3 示),对力 N 作用点起矩可见,这将不满足弯矩平衡方程式(1),就是讲这种情况是不存在的。由此证明了外拉力作用点在钢筋中心连线围成的外凸面积之内是小偏心受拉的充分条件。

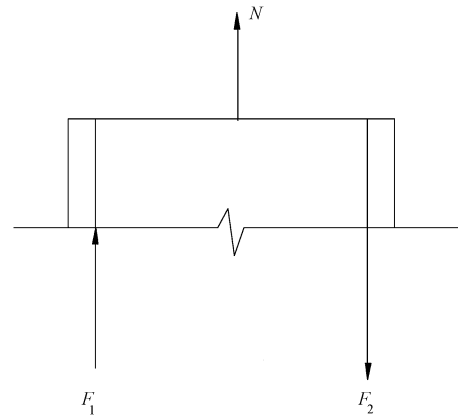


图 3 假设的截面力分布

对于外拉力正好作用在钢筋中心连线围成的外凸面积边线上的情况,由力的平衡,只有此线上的钢筋受力且与外力平衡,其它钢筋不受力,参照矩形截面小偏心受拉判断准则,此情况也定为小偏心受拉。

对于“工”、“L”、“T”、“Z”等形状的截面也同样。只要给出截面形状及钢筋摆放位置,即可写出类似于混凝土规范第 7.4.2 条的判别条件公式。因前者是一维问题,后者是二维问题,后者比前者略复杂些,手算略微麻烦些,好在大多数设计均使用计算机完成,可交给软件开发人员去做。

4 算例

L 形柱截面如图 4 示,受到水平地震作用、永久荷载、可变荷载组合后(关于截面形心)的内力为: $N = 10\text{kN}$; $M_x = 4\text{kN} \cdot \text{m}$ 、 $M_y = 2\text{kN} \cdot \text{m}$ 。于是关于截面形心的偏心距 $e_x = M_x/N = 400\text{mm}$ 、 $e_y = M_y/N = 200\text{mm}$ 。画出来为图 4 中的 A 点(400 + 235.5, 200 + 235.5),这里 235.5 是截面形心轴至截面左下角的距离,由本文判断准则和图形可见,显然在这种内力组合下是大偏心受拉柱。若上面的拉力不变,两方向弯矩均减小至原来值的 1/2,则 $e_x = M_x/N = 200\text{mm}$ 、

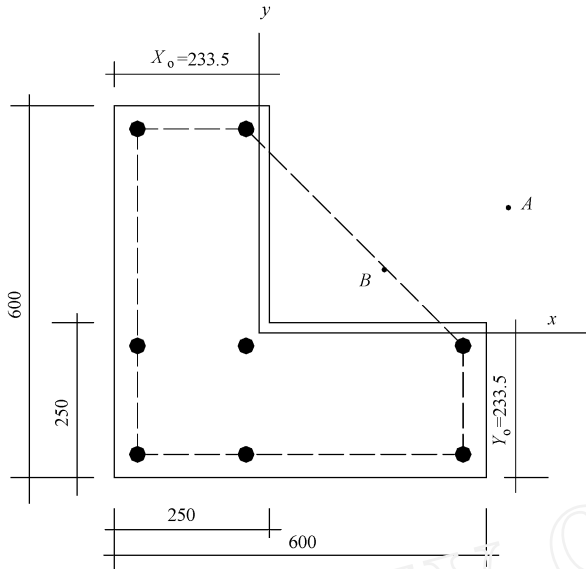


图4 大小偏心受拉判断例题(长度单位:mm)

$e_y = M_y/N = 100\text{mm}$ 。画出来为图4中的B点(200 + 235.5, 100 + 235.5),由图形判断此时为小偏心受拉(拉力作用点在钢筋中心连线围成的外凸面积之内);此情况应按《建筑抗震设计规范》GB50011-2001第6.3.9条规定,对此内力组合下的计算所得柱纵筋总截面积值增加25%进行配筋。

5 结语

文中提出了任意形状截面双向拉弯柱大、小偏心状态的判别方法,且简便易行。克服了《建筑抗震设计规范》关于高地震烈度区钢筋混凝土框架柱小偏心受拉状态配筋规定执行的困难。不当之处,敬请读者指正。

参考文献:

- [1] GB50011-2001,建筑抗震设计规范[S].
- [2] GB50010-2002,混凝土结构设计规范[S].

[作者简介] 王依群(1953~),男,博士,副教授,主要从事结构工程抗震研究

(上接第84页)

约束,减小连体内力。对于单塔刚度较大的结构是合适的;

(2) 刚性连接方案具有构造简单,容易实施的优点,但需要仔细调整塔楼的刚度比值,减少不对称导致的受力复杂;

(3) 罕遇地震下连体部分的位移仍然是分析难点,也是柔性连接的关键所在;

(4) 经综合考虑,本工程最后选择刚性方案。

致谢:感谢容柏生院士、周福霖院士、刘玉树总工、陈星总工、罗赤宇主任在方案阶段对本工程的指导和帮助,感谢黄翠坤总工和肖从真博士提供的参考资料。

参考文献:

- [1] GB50011-2001,建筑抗震设计规范[S].
- [2] 黄坤耀,孙炳楠,楼文娟.连体刚度对双塔连体高层建筑地震响应的影响[J].建筑结构学报,2001
- [3] 沈金.联体多结构振动控制体系的地震随机振动分析

[J].建筑结构,2001

- [4] 吴耀辉.大底盘双塔楼连体高层建筑的抗震与减振分析[D].南京:东南大学博士论文
- [5] 吕西林等.复杂体型高层建筑抗震试验和计算分析[A].高层建筑抗震技术交流会议论文集[C],1999:73~80
- [6] 徐培福等.复杂高层建筑结构设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2005:314~357
- [7] 周福霖,陈伟军等.信合大厦连廊柔性节点设计及试验研究(待出版)
- [8] Roy R, Craig Jr. 结构动力学[M].北京:人民交通出版社,1996:354~376
- [9] 陈祥福等.中国高层建筑设计精粹[M].海口:海南出版社,1998:238~246
- [10] 周福霖.工程结构减震控制[M].北京:地震出版社,1997
- [11] 程懋坤等.高层建筑结构构造资料集[M].北京:中国建筑工业出版社,424~427
- [12] Http://www.earthquakeprotection.com
- [13] Anil K Chopra. Dynamic of Structure Theory and Application to Earthquake Engineering[M].731~754

[作者简介] 侯家健(1972~),男,高工,一级注册结构工程师,英联邦结构工程师(MIStructE),在职博士