

PKPM 软件中钢筋混凝土柱 双偏压配筋设计方法

常丽娟 刘 岩

(中国建筑科学研究院, 北京 100013)

【摘要】双向偏心受压构件的承载力计算是钢筋混凝土结构设计中比较复杂的一项计算,常用结构分析设计软件来进行计算,本文对 PKPM 软件中的钢筋混凝土柱双偏压计算分析和配筋设计作了详细介绍,可以作为使用 PKPM 进行结构设计时的参考。

【关键词】双偏压构件;配筋设计

【中图分类号】TU312⁺·1;TU318·1 **【文献标识码】**B **【文章编号】**1674-7461(2015)01-099-04

1 引言

在实际结构中,很多受压构件大多都是双向偏心受压构件,在 PKPM 计算分析软件 SATWE 中提供了单偏压和双偏压两种计算方法,用户可以根据需要自行选择。在施工图程序中也给用户提供了双偏压验算的功能,方便用户配筋调整后进行校核。

在新版程序使用过程中,很多用户反映柱施工图给出的配筋,角筋不满足计算程序给出的角筋直径的情况,担心是否是不正确。这主要是由于之前版本的程序中,施工图确实会满足这一条件,但是在新版施工图程序中,我们重新优化了选筋程序,在选筋时考虑到满足双向偏心受压构件承载力计算的解的多解性,在对进行双偏压计算的构件,以计算程序给出的配筋面积作为选筋基准,进行迭代选筋,尽可能地给出最优解,不再将满足角筋直径为必要条件,该方案是更加合理和经济的,所以用户在使用过程中应当注意这一变化。为了使读者更加清楚地理解软件的实现过程,本文将较详细地介绍一下程序的配筋设计方法。

2 混凝土规范中的设计公式及 PKPM 软件中柱双偏压配筋设计方法

2.1 混凝土规范中的设计公式

我国现行的规范《混凝土结构设计规范》GB50010

-2010 中第 6.2.21 条和附录 E 中给出了对称双向偏心受压构件正截面受压承载力的计算方法^[1]:

(1)按附录 E 的方法计算,即:

$$N \leq \sum_i^l 1\sigma_{ci}A_{ci} - \sum_j^m 1\sigma_{si}A_{si} - \sum_k^n 1\sigma_{pk}A_{pk} \quad (1-1)$$

$$Ne_{ix} \leq \sum_i^l 1\sigma_{ci}A_{ci} - \sum_j^m 1\sigma_{si}A_{si} - \sum_k^n 1\sigma_{pk}A_{pk} \quad (1-2)$$

$$Ne_{iy} \leq \sum_i^l 1\sigma_{ci}A_{ci} - \sum_j^m 1\sigma_{si}A_{si} - \sum_k^n 1\sigma_{pk}A_{pk} \quad (1-3)$$

式中具体的参数说明参考《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 附录 E。

(2)按下列近似公式计算:

$$N \leq \frac{1}{\frac{1}{N_{ux}} + \frac{1}{N_{uy}} + \frac{1}{N_{u0}}} \quad (2)$$

式中: N_{u0} ——构件的截面轴心受压承载力设计值;

N_{ux} ——轴向压力作用于 x 轴并考虑相应的计算偏心距后,按全部纵向普通钢筋计算的构件偏心受压承载力设计值。

N_{uy} ——轴向压力作用于 y 轴并考虑相应的计算偏心距后,按全部纵向普通钢筋计算的构件偏心受压承载力设计值。

本条给出了双向偏心受压的倪克勤(N. V. Nikitin)公式,并指出了纵向普通钢筋沿截面两对边配

置和沿截面腹部均匀配置时两种情况下构件的偏心受压承载力设计值的计算原则。

以上两种方法中式 1 适用于任意截面钢筋混凝土构件,式 2 只对截面具有两个互相垂直的对称轴的钢筋混凝土构件适用。相对于式 1 来说,式 2 计算较简单,较适实际工程手动配筋时用来直接进行截面设计,但也仅限于双向均为小偏心受压的情况,如大偏心且侧边钢筋较多时计算误差偏大,只能进行截面复核。对于以上两式,在实际配筋设计中都存在计算复杂,需要反复假定配筋进行试算,而且最终设计的配筋不一定是经济合理的,因为满足上式的各种结果,配筋量相差可达到 30% 以上^[2]。

2.2 PKPM 软件中柱双偏压配筋设计方法

(1) 计算软件 SATWE 中给出的计算配筋面积

在实际配筋设计中,由于柱多为双向偏心受压构件,对柱采用双偏压的计算方法比单偏压要更加合理,从理论上讲对柱应该采用双偏压计算。但是,单偏压计算方法是传统的计算方法,且可以用手工计算,所以很多工程师设计时习惯于采用该法进行配筋。而双偏压计算由于其计算复杂,必须采用计算机软件进行很难手工计算。SATWE 软件中就提供了单偏压和双偏压两种计算方法。

SATWE 对钢筋混凝土柱采用双偏压计算时,采用《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 中附录 E 中的方法,同时考虑柱 x 向弯矩 M_x 、 y 向弯矩 M_y 和轴力 N 的作用,采用双偏压计算公式(即上节中的式 2),按全截面采用同一直径,逐级递增钢筋直径和根数进行迭代计算的过程。矩形柱全部配筋分为两种:角筋和腹筋;异型柱全部配筋也分为两种:固定钢筋和分布钢筋。程序首先按照最低构造要求假定一组配筋,然后用这组配筋验算所有内力组合,如果全部组合都满足,就取这组数据作为最终计算结果;否则增大钢筋面积,再次验算所有内力组合,直到满足全部组合为止^[3]。计算结果同时给出柱的 x 向配筋面积、 y 向配筋面积和角筋面积。

理论上讲,满足所有内力组合的配筋应该有多组,但 SATWE 的计算结果是唯一的,此结果不一定是最合理的,用户可以根据工程实际情况调整实际配筋,然后进行验算。

(2) 施工图中实际配筋设计方法

柱施工图程序对以双偏压计算的柱设计配筋时遵循以下原则:(1) 优先选取角筋,且角筋的初始

值会尽量选取计算程序的结果值,因为四角配筋在双偏压计算中总是最为有效的。(2) 在需要设计腹筋时,程序会以角筋为主,保证角筋采用较大直径的钢筋, x 、 y 向腹筋为相同直径或较小直径,且尽量选取直径级别差较小的钢筋。这样可以保证选筋结果的经济合理^[3]。

施工图程序中提供了双偏压验算功能,采用的计算方法同 SATWE 相同。在程序进行了自动配筋或用户修改了柱配筋之后,都可以直接执行[双偏压验算]检查实配钢筋结果是否满足双偏压验算的要求。程序验算后,对于不满足承载力要求的柱,以红色标注显示给出警告。对于不满足双偏压验算的柱,用户可以直接修改实配钢筋,再次验算直到满足为止。

对于双偏压验算不通过的柱修改钢筋时,建议采用的解决方法:(1) 修改选筋库,采用较小直径的纵筋;(2) 修改实配钢筋,增加根数的同时减少直径,或直接增大钢筋直径等。

值得注意的是,同前所述,双偏压计算是个多解的结果,其与计算时初选的钢筋直径关系很大,且不同的计算结果之间差别可能较大。而且在施工图程序中对柱进行选筋时将考虑更多的规范构造要求,配筋的经济合理,实际施工的方便等因素,比在计算软件中更加全面,且由于施工图配筋设计时选取的初始直径与 SATWE 计算时采用的可能不同,造成实际配筋中角筋直径可能和计算程序给出的不一样,但只要双偏压验算通过,则同样是正确的选筋方案。

3 算例说明

下面以实际工程中的一钢筋混凝土柱具体说明,图示为某框架结构建筑的顶层柱,截面尺寸为 $500\text{mm} \times 500\text{mm}$,混凝土等级为 C35,在 SATWE 中定义为角柱,图 1 为经 SATWE 采用双偏压计算分析得到的内力结果,轴力为 545kN。

其中试算 1 为 SATWE 计算时柱配筋计算原则按双偏压计算,试算 2 为柱双偏压配筋时进行迭代优化得到的计算配筋面积。表 2 ~ 表 3 为两次试算施工图程序给出的配筋结果,并列出了多组其他选筋方案,对多组方案作了对比分析。

表 1 SATWE 试算的计算配筋结果

试算次数	角筋面积	柱顶 x 向	柱顶 y 向	柱底 x 向	柱底 y 向
1	490.9	1067	1353	1142	1291
2	490.9	1142	1291	1142	1291

表 2 试算 1 的多组配筋方案比较

试算 1	角筋面积	柱顶 x 向	柱顶 y 向	柱底 x 向	柱底 y 向	全截面面积
计算配筋	490.9	1067	1142	1353	1291	2877\2903
参考配筋	490.9	1142		1353		3027
实际配筋	∅22	2∅22 + 2∅18		2∅22 + 2∅20		3794
	380.1	1 269		1 388		
方案 1 - 1	∅25	2∅25 + 2∅18		2∅25 + 2∅20		3 997
	490.9	1 491		1 491		
方案 1 - 2	∅22	2∅22 + 2∅16		2∅22 + 2∅20		3 580
	380.1	1 162		1 388		

注:1、表中计算配筋中全截面面积分别为柱顶和柱底面积;

2、表中参考配筋中 x 向、y 向分别采用柱顶和柱底的较大值;

3、表中配筋方案中第一行给出钢筋规格,其中只代表直径,不是钢筋等级。

表 3 试算 2 的多组配筋方案比较

试算 2	角筋面积	柱顶 x 向	柱顶 y 向	柱底 x 向	柱底 y 向	全截面面积
计算配筋	490.9	1142	1142	1291	1291	2903 \2903
参考配筋	490.9	1142		1353		3027
实际配筋	∅22	2∅22 + 2∅18		2∅22 + 2∅20		3 794
	380.1	1 269		1 388		
方案 2-1	∅25	2∅25 + 2∅18		2∅25 + 2∅18		3 997
	490.9	1 491		1 491		
方案 2-2	∅25	2∅22 + 2∅16		2∅25 + 2∅16		3 573
	490.9	1 384		1 384		
方案 2-3	2∅22 + 2∅20	∅22		2∅22 + 2∅16		3 580
	380.1	1 162		1 388		

注:同表 2。

表 2~表 4 是三种计算结果不同配筋方案的比较,表中所列出的配筋方案全部满足全截面配筋面积大于计算配筋面积,以及全截面配筋率、单边配筋率、最小纵筋间距、最大纵筋间距等构

造要求,且全部满足双偏压验算。

由表 3 可见,实际配筋和方案 1-2 中的角筋直径小于计算给出的角筋直径,方案 1-1 采用计算角筋直径。实际配筋不仅钢筋直径的级差

小,且全截面配筋面积比方案 1-1 小 5%,比方案 1-1 经济合理,方案 1-2 中是若采取直径级差可以为三级时,全截面面积比前两方案都小,配筋更加经济。

由表 4 可见,实际配筋和方案 2-3 中的角筋直径小于计算给出的角筋直径,方案 2-1 和方案 2-2 采用计算角筋直径。在允许直径级差较大时,方案 2-3 配筋比方案 2-2 更加经济合理。若尽量使钢筋直径的级差较小时,实际配筋方案则比方案 2-1 经济合理。

通过以上算例说明,在设计时可能会出现施工图中的实际配筋的角筋直径与计算角筋直径不同的情况,这是由于双偏压配筋的多解造成的。因为在计算软件中只确保配筋满足承载力要求,满足规范的最大最小配筋要求,而给出多种解中的一种解,而在施工图中,不仅要考虑满足最大最小配筋面积要求,全截面配筋率,还要考虑柱截面尺寸,规范构造要求,最大最小纵筋间距、钢筋根数等,同时还要根据用户设置的选筋库,配筋面积的放大调整等多个因素,设计符合所有要求的最优解,所以会出现上述情况。计算软件给出的角筋面积主要是用来计算全截面

面积时使用,施工图中设计配筋时也以其作为初始配筋直径。

4 结论

利用结构分析设计软件来计算双向偏心受压构件的配筋已是一种常用的设计方法,本文通过详细介绍 PKPM 计算分析软件 SATWE 和施工图软件的具体计算过程和选筋设计方法,并针对一个具体的实例通过多次试算结果多组配筋方案的分析对比,说明了双偏压配筋设计结果是多解的,施工图软件的配筋结果是较经济合理的方案,为工程师在使用 PKPM 软件进行双偏压计算分析和柱选筋时提供参考。

参考文献

- [1] GB 50010-2010. 混凝土结构设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] 高清华. 钢筋混凝土双向偏心受压构件的图表算法[J],建筑结构,1986 年第 03 期.
- [3] 中国建筑科学研究院. PKPM 结构软件施工图设计详解[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

Design Method for Reinforced Concrete Columns under Biaxially Eccentric Loads in PKPM Software

Chang Lijuan, Liu Yan

(China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

Abstract: Calculation of the biaxial eccentric compression member capacity is a complication in reinforced concrete structures design. This kind of calculation is usually performed by structural analysis and design software. This article presents a detailed description about the calculation analysis and the reinforcement design of reinforced concrete columns under biaxially eccentric loads in the PKPM software, which can be used as a reference for structure design when using the PKPM software.

Key Words: Reinforced Concrete Columns Under Biaxially Eccentric Loads; Reinforcement Design