

文章编号: 1005—0523(2003)05—0001—03

等肢 Z 形截面柱最不利方向承载力的简化计算

徐海燕, 薛海宏, 袁志华

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:根据试验研究所得结论, 提出基本假定, 推出等肢 Z 形柱在最不利情况下截面承载力计算式, 并根据数值计算的结果, 提出了 Z 形柱的简化计算式, 通过算例与试验值比较, 简化计算式可以用来作为 Z 形柱偏压构件正截面承载力的估计。

关 键 词:异形柱; 承载力; 简化计算

中图分类号: TU352

文献标识码: A

1 引 言

目前各省市出台的异形柱结构规程中, 对承载力的计算大都采用数值积分方法, 必须借助计算机软件进行电算。这样就使得设计人员过分依赖软件, 没有简单实用的手工方法进行必要的验算。本文在深入了解 Z 形柱极限承载力变化规律的基础上, 结合矩形柱极限承载力计算方法中采用的等效压区混凝土应力图形的做法, 提出了实用的 Z 形柱双向偏压构件正截面最小承载力的简化计算方法, 可以为设计提供参考。

2 计算依据

通过对九根等肢 Z 形柱的试验研究, 并进行分析, 得到如下结论: 1) Z 形柱的承载力与荷载角有关, 在偏心距相同情况下, 不同荷载角作用构件的承载力差别很大。当中和轴平行于 y 轴时截面承载力最不利; 2) $0^\circ \sim 45^\circ$ 方向的抗弯能力较小, 且变化幅度小, 变化幅度在 10% 以内; 3) 在 $0^\circ \sim 45^\circ$ 方向, 极限状态下截面的中和轴位置很接近于与 y 轴平行。

基于上述认识, 提出计算 Z 形截面双向偏压柱的几点假定: 1) 以中和轴平行于 y 轴方向作为截面

的最不利极限状态; 2) 将截面抵抗内力标准值乘以 0.95 的折减系数; 3) 用作用在柱上的外力偶 M_x 、 M_y 、 $\sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ 三者中的最大者作为荷载标准值。

3 等效矩形压应力图

正截面承载力设计时, 若按照实际压应力分布图形进行正截面承载力计算, 计算方法十分复杂。实际计算时, 为简化计算可取等效矩形应力图形代换实际的受压区混凝土应力图。代换原则为:

1) 实际的混凝土压应力分布图形的合力与等效矩形应力分布图形的合力相等;

2) 两种应力分布图形的合力作用点位置相同。

等效矩形应力图形有以下特征值: 特征值 β 为等效矩形应力图形的受压区高度 x 与实际的中和轴高度 x_u 的比值; 等效矩形应力图形的应力 σ_c 与实际应力曲线上的最大值 σ_u 的比值 γ 。根据上述等效原则, 对 Z 形柱混凝土受压区进行等效代换^[1], 计算简图如图 1 所示。

假设构件极限状态时截面受压区高度为 x_u , 受压区边缘混凝土应变为 ϵ_u , 压区距中和轴 y 处的应变为

$$\epsilon_c = \frac{\epsilon_u}{x_u} y \tag{1}$$

代入混凝土的本构关系得压应力 $\sigma_c(\epsilon_c)$, 压区混凝土的总压力值即为压应力图块的面积:

$$D_c = \int_0^{x_u} \sigma_c \left(\frac{\epsilon_u}{x_u} y \right) h(y) dy \quad (2)$$

合力作用点至柱截面边缘的距离为:

$$X = \frac{\int_0^{x_u} \sigma_c \left(\frac{\epsilon_u}{x_u} y \right) h(y) (x_u - y) dy}{D_c} \quad (3)$$

根据等效条件化简,有

$$\frac{x_u^2 b}{2} \beta^2 - x_u b X \beta + \frac{(h-t)^2 (t-b)}{8} + \frac{X(h-t)(b-t)}{2} = 0 \quad (4)$$

式(4)为关于 β 的一元二次方程,解此方程可得 β 值.

等效矩形压应力图体积等于 $A\gamma\sigma_u$, 根据等效原则,有

$$\gamma = \frac{D_c}{\sigma_u(t(h-t) + \beta x_u b - b(h-t))} \quad (5)$$

由公式(4)至(5)可知,特征参数 β 、 γ 的数值主要取决于混凝土的本构关系曲线、极限应变值,并随着构件的截面形状及受压区高度等因素而变化.可根据上述原理计算 Z 形柱的等效矩形压应力图特征参数.

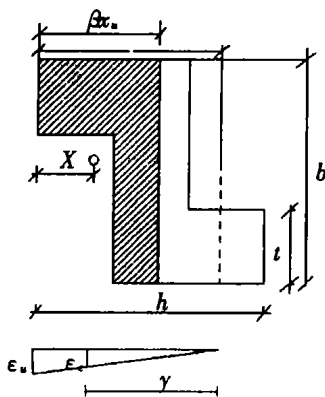


图 1 Z 形柱实用计算简图

在上述思想的指导下,利用计算机编制数值积分程序进行计算.计算中,极限压应变 ϵ_u 取为 0.0033,根据试验结果分析,取 $x_u/h_0 = 0.65 \sim 0.7$. 计算得到 $\beta = 0.774$ 和 $\gamma = 1.034$ 取整为 $\beta = 0.77$ 和 $\gamma = 1.00$

4 界限相对受压区高度

等效矩形应力图受压区高度 x 与截面有效高度 h_0 的比值记为 $\xi = x/h_0$, 称为相对受压区高度.

当配筋率 ρ 大于界限配筋率 ρ_b 时,柱子将产生脆性的超筋破坏.根据界限破坏时截面应变分布,可得此时的中和轴高度 x_u .相应地,等效矩形应力图的界限相对受压区高度 ξ_b :

$$\xi_b = \frac{\beta x_u}{h_0} = \frac{\beta \epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} \quad (6)$$

将 $\epsilon_u = 0.0033$, $\beta = 0.77$ 代入式(6)可以计算出不同品种钢筋的界限相对受压区高度 ξ_b , 列于表 1:

表 1 Z 形柱界限相对受压区高度

钢筋等级	I 级	II 级
ξ_b	0.591	0.524

5 大小偏心受压的设计判断

大偏压破坏与小偏压破坏的界限状态为:受拉钢筋屈服以及受压边缘混凝土达到极限压应变同时出现.界限状态时受压区高度 x_b , 相对受压区高度 $\xi_b = x_b/h_0$, 大小偏压破坏的判别条件是: $\xi \leq \xi_b$ 时为大偏压破坏或受拉破坏;当 $\xi > \xi_b$ 时为小偏压破坏或受压破坏.相对受压区高度须综合考虑轴压力 N 的相对偏心距即 e_0/h_0 、以及纵筋面积 A_s 、 A_s' 的影响,根据公式求解需要计算 ξ 的三次方程,计算繁琐,而且正截面设计时,纵向钢筋面积 A_s 、 A_s' 待求,无法计算极限状态时截面相对受压区高度,因而需要一种简便实用的判别标准.通过对矩形柱偏压构件的理论分析可得出下述结论:在大小偏压的界限状态时,偏心距 η_{ei} 为纵筋面积 A_s 与 A_s' 的函数,纵筋取相应的最小配筋率时,偏心距 η_{ei} 最小,称为界限最小偏心距,以 $(\eta_{ei})_{\min}$ 表示.若设计轴力 N 的偏心距 $\eta_{ei} \leq (\eta_{ei})_{\min}$ 时,必为小偏压; $\eta_{ei} > (\eta_{ei})_{\min}$ 时,由于纵向钢筋面积待求,一般不存在配筋率过大而导致出现 $\xi > \xi_b$ 的小偏压情况,可以按照大偏压情况计算.

Z 形截面柱也可以采用界限最小偏心距作为构件大小偏压的初步判别条件.下面具体讨论 Z 形截面柱的大小偏压判别问题.

Z 形柱受压时大、小偏压界限状态时受力情况如图 2 所示.图中阴影部分表示受压区,受压区高度为 x_b , D 表示受压区混凝土压应力的合力,压力 N 至形心轴 $o-o$ 距离为 η_{ei} , 受拉钢筋 A_s 达到屈服强度 f_y , 受压筋 A_s' 也达到屈服强度 f_y' . 截面平衡方程为:

$$N = \gamma f_c \left[\frac{t(h-t)}{2} + b \left(x_b - \frac{h-t}{2} \right) \right] + f_y' A_s' - f_y A_s$$

$$+\frac{2(t-2a_s)}{h-t)}f_y'A_s'N(\eta_{ei}+\frac{h}{2}-a_s)=\gamma_c[\frac{t(h-t)}{2}(h-\frac{h-t}{4}+a_s+b(x_b)-\frac{h-t}{2})(\frac{3h}{2}-\frac{h-t}{4}-x_u-a_s)]+\frac{2(t-2a_s)}{h-t)}f_y'A_s'(\frac{h+t}{2}-2a_s)\tag{7}$$

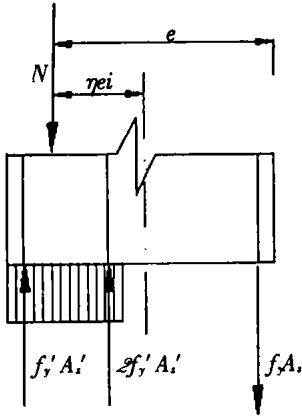


图 2 大小偏压计算简图

取全截面最小配筋率为 1%A (A 为毛截面面积), 则从上面两式中得到 $e_b/h_0\approx\eta_{ei}/h_0$ 的值如下表所示:

表 2 Z 形柱最小相对界限偏心距 e_b/h_0				
b/t	3:1	4:1	5:1	
砼等级				
C20	0.269	0.271	0.273	
C25	0.271	0.273	0.275	
C30	0.273	0.275	0.276	
C35	0.274	0.276	0.277	
C40	0.275	0.277	0.278	

不同高宽比的变化规律如下表所示 (其中宽厚比为 4:1, 混凝土为 C25)

表 3 不同高宽比下 Z 形柱最小相对界限偏心距					
b/h	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
e_0/h_0	0.296	0.283	0.273	0.266	0.259

实际应用中, 可近似取平均值 0.28 进行大小偏压初步判断.

6 附加偏心距和偏心距增大系数

附加偏心距 e_a 是为了考虑由于施工误差、计算偏差以及材料不均匀等原因使得构件的轴线产生偏差所带来的影响, 此处取我国《规范》的规定值. 即 20mm 与 $b/30$ 两者中的较大值.

附加弯矩是由于构件在偏压荷载作用下, 由于侧向挠曲变形, 轴向压力产生二阶效应所致. 由于没有关于 Z 形长柱的试验研究资料, 在这里借用矩形柱的研究成果进行计算. 当 $8<l_0/h<30$ 时, 应用

《规范》的偏心距增大系数 η 来考虑附加弯矩的影响.

7 基本计算公式

考虑到地震荷载方向的不确定性以及 Z 形柱一般处于结构的联结处, 因此柱的配筋多采用对称配筋, 这里也只讨论对称配筋情况下的截面设计和截面校核方法.

a) 大偏心受压 (受拉破坏, $\xi\leq\xi_b$)

在截面尺寸 (b, h, t)、材料强度 (f_c, f_y, f_y')、构件长细比 (l_0/h) 以及轴力 N 和弯矩 M 设计值均已知时, 当 $\eta_{ei}>(\eta_{ei})_{\min}=0.28h_0$, 且 $N\leq\gamma_c[\xi_bbh_0+(\frac{h-t}{2})(t-b)]$ 时, 可按大偏心受压计算纵向钢筋 $A_s'=A_s$, 由图 2 截面应力图形可得此时的设计基本计算公式:

$$N=N_u=\gamma_c[lx+(\frac{h-t}{2})(t-b)]+3f_y'A_s'-\sigma_sA_s\tag{8}$$

$$N\cdot e\leq\gamma_c[lx+(\frac{h-t}{2})(t-b)](h_0-\frac{x}{2}+f_y'A_s'(h_0-a)+2f_y'A_s'(h_0-\frac{h-t}{2}-a_s'))\tag{9}$$

其中

$$\sigma_s=f_y\cdot\frac{\xi-\beta}{\xi_b-\beta}\tag{10}$$

8 试验算例

[算例] 已知 Z 形截面试验柱截面尺寸: $b=300\text{mm}, h=300\text{mm}, t=100\text{mm}, A_s=A_s'=2\Phi10=157\text{mm}^2$. 柱计算长度 $l_0=1.2\text{m}$, 混凝土为 C25, 纵筋为一级, 由式 (15)、(16) 得

$$N=\gamma_c[b\xi h_0+(\frac{h-t}{2})(t-b)]3f_y'A_s'-f_yA_s$$
$$N\cdot e\leq\gamma_c[b\xi h_0+(\frac{h-t}{2})(t-b)](h_0-\frac{\xi h_0}{2})+f_y'A_s'(h_0-a')+2f_y'A_s'(h_0-\frac{h-t}{2}-a_s')$$

代入有关数据联立解得

$\xi=0.4356, N=265.15\text{ kN}$

考虑 0.95 的折减系数得计算设计值 $N_{\text{设计}}=0.95N=252\text{ kN}$.

该截面柱在试验中的破坏值为 $N_{\text{试}}=411.6\text{ kN}$, 若取荷载分项系数为 1.4 (参考欧洲规范 MC90) $N_{\text{外}}=N_{\text{试}}/1.4=294\text{ kN}$. 相对误差为 17%. (下转第 8 页)

本节约累计曲线共四条曲线.值得在这里一提的是,图 2 的四条曲线是整个工程完工的曲线.工程成本节约最多的一个有是第 17 个月.出现亏损的月份是第 7 个月.二年半的工程施工累计节约工程成本 208 万元.项目经理可以根据每月的盈亏情况,给予相关单位以适当奖惩,并采用适当的补救措施.如果当前施工只进行到第 i 个月,则认为第 $i+1$ 个月及以后的计划调整成本和实际成本与图 1 的计划成本(即计划投入资金)是一致的,从图上可以看出第 $i+1$ 个月及以后的月成本考核节约额为 0.

关于总成本计划的分支计划如用工计划、主材消耗计划、机械等租赁计划的管理与控制,与上述基本相同,不再赘述.关于各单项工程的子进度计划与成本计划及其分支计划,道理与前述基本相同,也就不再赘述了.

参考文献:

- [1] 周树发.建筑施工[M].北京:中国铁道出版社,2000,5.
- [2] 丛培经.工程项目管理[M].北京:中国建工出版社,1998,6.
- [3] 建筑施工手册编写组.建筑施工手册[S].北京:2000,7.

Applying to Cost Management of Construction Project with the Software of Network Schedule and Resource Optimization

ZHOU Shu-fa

(School of Civil engineering and architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper introduces the software of network schedule and resource optimization developed to apply to cost management of construction project, meanwhile, on the base of theory and practice, the paper puts forward the scheme of how to control and manage the cost of the project effectively for project supervisor. The supervisor only puts in a few valid data, he can obtain the analysis chart of the general cost and the schedule and cost of the offset of the project. The application of the software has significant meaning on pre-controlling, event-controlling and back-analysing the project cost, at the same time it can enhance managing benefit.

Key words: project management; project cost; job schedule; dynamic curve; forecast technique; cost checking

(上接第 3 页)可以看出,简化计算方法的 Z 形柱极限承载力与试验结果吻合较好.本文方法可以作为 Z 形柱偏压构件正截面最小承载力的估计.

参考文献:

- [1] 过镇海.钢筋混凝土原理[M].北京:清华大学出版社,

213~214.

- [2] 张玉秋,陈云霞,等.钢筋混凝土异形柱正截面承载力简化计算[J].建筑结构,1999,(1).
- [3] 聂礼鹏,周德源,等.L 形、Z 形截面压弯承载力实用计算方法[J].结构工程师,2000,(4).
- [4] 申东建,陈云霞,等.Z 形截面钢筋砼偏压柱的简化设计方法[J].建筑结构,2001,(11).

A Simplified Calculation Method for Determination of Load-bearing Capacity of Z-Shaped R·C· Columns

XU Hai-yan, XUE Hai-hong, YUAN Zhi-hua

(School of Civil Eng. East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: According to the conclusion by experimental study of R·C short columns with “Z”-shaped section, the calculation of “Z”-shaped columns was given. By comparing of calculating with experiment, the simple calculating formula can be used to estimate the load-bearing capacity of the “Z”-shaped columns.

Key word: Z shaped R·C columns; load-bearing capacity; simplified calculation method