

异形柱结构配筋软件 CRSC 的新功能

王依群¹, 温洪星²

(1. 天津大学 a. 建筑工程学院; b. 港口与海洋工程教育部重点实验室, 天津 300072;

2. 香港城市大学, 中国 香港)

摘要: 随着 JGJ 149-2006《混凝土异形柱结构技术规程》的颁布实施, 作为异形柱结构设计工具的软件 CRSC 在很多设计单位得到使用。本文介绍了 CRSC 软件近两年来增加的新功能及其编程的背景材料。其中包括: 个别柱抗震计算用和构造措施用抗震等级的输入或修改、矩形截面柱双向偏心受压配筋计算、错层柱在楼层半高处的梁柱节点的强度计算及配筋构造措施的实现。文中举一错层柱节点的算例, 用手算对 CRSC 计算结果进行复核, 表明 CRSC 软件计算无误。

关键词: 钢筋混凝土; 双向偏心受压; 错层; 梁柱节点; 计算软件

中图分类号: TU378.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-7037(2008)04-0119-04

1 CRSC 软件概述

CRSC 软件由 JGJ 149-2006《混凝土异形柱结构技术规程》^[1]编制组(天津市地方标准 DB 29-16-98《大开间住宅钢筋混凝土异形柱框轻结构技术规程》^[2]主编单位天津大学课题组)按照异形柱结构不同于一般结构的特点, 针对 1998 年国内很多软件不能计算异形柱配筋、尤其是各种截面柱上节点受剪承载力的状况, 本着拾遗补缺原则开发的。CRSC 读取 PKPM 结构计算软件的建模和内力结果, 进行内力组合后对混凝土异形柱及其梁柱节点进行计算配筋。鉴于构造要求的重要性, CRSC 在配筋计算的同时考虑了构造要求。因为适应工程需要, CRSC 软件在全国很多设计单位得到应用。

本文以下扼要介绍 CRSC 软件近两年来增加的新功能及其编程的背景材料。

2 抗震等级的输入和局部修改

我国颁布和实施的设计规范 GB 50011-2001《建筑抗震设计规范》^[3]和 GB 50009-2002《混凝土结构设计规范》^[4]及 JGJ3-2002《高层建筑混凝土结构技术规程》^[5]针对不同设防烈度、场地条件、结构类型、房屋高度提出了采用不同抗震措

施的规定。抗震措施包括计算和构造措施要求两个方面。这两个方面均以“抗震等级”划分, 例如计算方面, 抗震等级不同, 计算粗细程度、内力调整系数、计算公式可能会不同; 采取的构造措施方面, 轴压比限值、配筋率、钢筋直径和间距可能会不同。对于同一个结构、同一个构件计算方面和构造措施方面的抗震等级会不相同, 这是与上一轮设计规范的显著差别之一, 也表明设计规范对抗震构造措施的重视程度较以往有所提高。今年 5 月汶川地震震害再次表明执行规范构造要求的重要性。

由于 CRSC 软件在配筋计算时同时计入构造要求。这样, 配筋一开始就要先知道结构构件的计算、构造措施两个抗震等级。因 CRSC 需要的结构原始数据绝大部分是读取 SATWE^[6]或 TAT^[7]的数据, 这两个软件只要求用户输入计算用的抗震等级, 而没有输入采取构造措施的抗震等级。

CRSC 确定结构或构件欲采取构造措施的抗震等级方法如下: 首先根据抗震设防烈度和场地类别确定, 如设防烈度为 7 度 0.15 g, 场地类别为 III 或 IV 时, 设置构造措施按 8 度 0.20 g 的要求, 即丙类建筑的构造措施抗震等级为二级。除以上和设防烈度高于 6 度 I 类场地等情况外, 设置构造措施的抗震等级与计算用抗震等级同。对于个别构件与整个结构抗震等级不同的特殊情况, 如加强层及其相邻层、错层处的框架柱需局部提高

抗震等级的情况, CRSC 软件具有用户在屏幕上指定抗震等级的功能, 操作时先用鼠标在相应对话框中选择欲采用的计算和构造措施的抗震等级, 然后如同在屏幕上定义角柱的操作一样, 在屏幕上需要修改抗震等级的柱的位置用鼠标点击一下, 本层需要修改的柱都点击后, 按控制对话框的“确定”按钮, 即完成本楼层的操作。待各楼层操作完后, 再点击软件菜单项的“数据检查”, 就完成了修改柱抗震等级的操作。对修改操作的结果可以通过软件的屏幕显示功能进行检查。软件在柱原始数据中增加一个整数存储柱的两个抗震等级, 配筋时先按计算抗震等级采用相应的计算公式和内力调整系数进行配筋, 确定钢筋直径和间距时按构造措施的抗震等级选择。软件计算结果中也分别注明每个结构构件计算用和构造措施用的抗震等级, 便于用户检验。

3 矩形截面柱双偏压配筋计算

CRSC 软件对矩形柱双向偏心受压配筋计算是采用基于纤维方法的拟合曲面法解决的, 此与早前 CRSC 软件对异形柱双偏压配筋方法^[8]相同, 只是矩形柱的要简单一些。

由于矩形柱双向偏心受压配筋计算的复杂性, 规范推荐的公式需要多次迭代, 不便于手算, 可用纤维方法计算(如该方法直接用于工程计算, 计算时间还是过长), 该方法应用的先决条件是钢筋直径、根数及在截面上的位置在计算前已知, 解才是唯一的。CRSC 给出的是既满足计算要求又满足构造措施要求的配筋结果, 也就是 CRSC 结果给出纵筋直径、摆放位置, 箍筋直径、肢数和肢距、箍筋间距等, 这样才能确保所配钢筋满足设计规范的众多的构造要求。

基于上述两点, CRSC 先按混凝土结构设计规范抗震设计的框架柱纵筋间距和箍筋肢距一般不大于 200 mm 的构造要求, 沿柱截面周边均匀摆放直径相同的纵向钢筋, 由此解决了钢筋根数和摆放位置问题。以一给定截面尺寸和混凝土强度等级的柱截面, 按上述原则确定钢筋根数和摆放位置后, 用纤维方法计算出某种钢筋强度和直径下的一系列轴压比值下及双向弯矩不同比值的截面极限承载力值, 用简单的数学公式拟合出该曲面存储在计算机数据库中。配筋计算时, 在数据库中调出相应尺寸及混凝土强度等级的截面数据, 找出包含且接近各组合内力空间点的曲面, 该曲面对应的钢筋直径即是要求的配筋结果。该

法将各内力组合下配筋计算变换为内力空间点在面内或面外的判断, 大大地提高了配筋速度^[9,10]。

4 错(跃)层柱上节点受剪承载力与配筋计算

建筑房间以楼层划分, 建筑结构计算软件也利用此特点实现数据的快速输入, 例如 SATWE 和 TAT 等软件。对于有错层的结构, 存在错层柱(在错层部位)和跃层柱(在非错层部位)。结构计算中就要考虑由此引起的诸如影响柱正截面配筋的柱计算长度问题、斜截面配筋的剪跨比问题和节点配筋的上、下柱反弯点之间距离问题。为节省篇幅, 这里只介绍最后、也是最难的一个问题, 关键是编软件时要摆脱柱以楼层划界的羁绊。

某工程在 PMCAD 中建模时为 10 层, 其中部分楼层楼板顶面标高见表 1。混凝土强度等级均为 C30。

表 1 算例各楼层顶面标高 m

楼层	4	5	6	7	8
标高	9.0	13.5	15.0	17.5	19.0

由图 1, 图 2 的结构第 4 至 8 层平面图(图中水平方向是 X 方向)可见其奇数层是一横向框架、偶数层是一纵向框架, 第 6 层 27 号柱是根跃层柱, 以下手算该柱上梁柱节点 X 方向的受到的剪力及配筋, 并对 CRSC 软件结果进行校核。



图 1 算例第 4, 6, 8 层结构平面简图

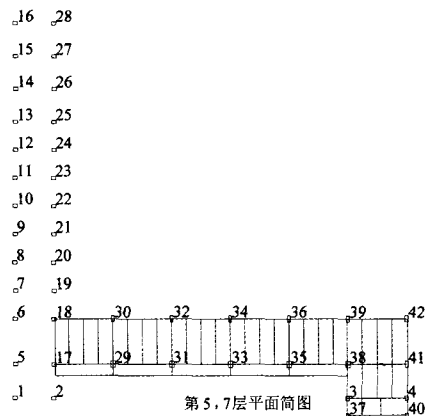


图 2 算例第 5, 7 层结构平面简图

该框架结构工程设防烈度 8 度, III 类场地, 设计地震分组为一组。6 层 27 号柱截面尺寸 $b \times h=600 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ 。由局部放大图(图 3)可见与 6 层 27 号柱 X 向相连的梁号为 78, 该梁的截面尺寸 $b \times h=350 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ 。用 2008 年 3 月 14 日版本 SATWE 计算出该梁的标准内力(取自 WWNL6.OUT)如表 2。

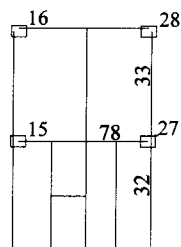


图 3 算例第 6 层局部结构平面简图

表 2 78 号梁端弯矩 M , 最大剪力值 V

荷载或作用	$M/\text{kN} \cdot \text{m}$	V/kN	$M_b/\text{kN} \cdot \text{m}$
X 向地震	-1119.1	339.7	-1034.2
永久荷载	-329.6	329.5	-247.2
可变荷载	-70.3	63.1	-54.5

表中 M_b 是梁柱交汇区刚域外缘的弯矩值, 刚域外缘取自柱边深入 $1/4$ 梁高处,

$$M_b = M + 0.25 \times 1.0 \times V.$$

28 号内力组合公式为:

$1.2 \times$ 恒载效应 $+ 0.6 \times$ 活载效应 $+ 1.3 \times$ X 向地震效应;

$$M_b^i = -(1.2 \times 247.2 + 0.6 \times 54.5 + 1.3 \times 1034.2) =$$

1673.8 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

GB 50010-2002《混凝土结构设计规范》框架节点剪力计算公式为:

$$V_j = \lambda_1 \left(\frac{M_b^i + M_b^j}{h_{b0} - a_s'} \right) \left(1 - \frac{h_{b0} - a_s'}{H_c - h_b} \right) \quad (1)$$

式中, λ_1 为增大系数, 二级抗震框架节点取 1.2;

h_b , h_{b0} 分别为梁截面高度、有效高度; a_s' 为梁

受压钢筋合力点至截面近边的距离; H_c 是柱的计算高度, 可采取节点上、下柱反弯点之间的距离。

由表 1 和图 1, 图 2 可见, 6 层该节点下柱高

6 m, 上柱高 4 m, 反弯点取柱半高处, 故得 $H_c=5$ m。由式(1)得:

$$V_j = 1.2 \times \left(\frac{1673.8}{0.965 - 0.035} \right) \left(1 - \frac{0.965 - 0.035}{5.0 - 1} \right) =$$

1657.60 kN。

CRSC 输出的结果如下:

N-N= 27 矩形, C30, 2 级验算, 2 级构造, 此为跃层柱, 本层和上层柱高(m)= 6.00 4.00 方向 1 (注: 这里“方向 1”表示 X 方向)

$$V_{j\max}(28) = 1657.60 \text{ kN}.$$

与手算结果相同, 可见 CRSC 软件结果正确。

5 结语

文中对钢筋混凝土异形柱结构配筋软件 CRSC 近年来新的主要功能做了简要的介绍, 并举一算例用手算对 CRSC 软件结果进行了复核, 表明软件新功能计算结果可靠。

参考文献

- [1] JGJ 149-2006, 混凝土异形柱结构技术规程[S].
- [2] DB 29-16-98, 大开间住宅钢筋混凝土异形柱框轻结构技术规程[S].
- [3] GB 50011-2001, 建筑抗震设计规范[S].
- [4] GB 50010-2002, 混凝土结构设计规范[S].
- [5] JGJ 3-2002, 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
- [6] PKPM 工程部. SATWE 用户手册及技术条件[K]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2006.
- [7] 中国建筑科学研究院 PKPM 工程部. TAT 用户手册及技术条件[K]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2007.
- [8] 王依群, 赵艳静, 周克民, 等. 异形截面钢筋混凝土柱正截面承载力简化计算[J]. 建筑结构, 2001, 31(1): 46-50.
- [9] 王依群, 温洪星, 赵艳静. 双向偏压钢筋混凝土矩形柱正截面配筋计算[C]//第二届全国高层建筑结构学术会议论文集. 2008: 744-749.
- [10] Bajaj A S, Mendis P. New Method to Evaluate the Biaxial Interaction Exponent for RC Columns[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 2005, 131(12): 1926-1930.

New Functions of the Software of Computation and Reinforcement for Special-shaped Columns CRSC

WANG Yi-qun¹, WEN Hong-xing²

(1. a. School of Civil Engineering; b. Key Laboratory of Harbor and Ocean Engineering Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. City University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract: Since *The Technical Specification for Concrete Structures with Specially Shaped Columns* has been implemented, the software CRSC as tool of design for the structures is used by many designing institutes. The new functions, such as, the earthquake-resistant grades for calculating requirement and for detailing measures of each structure element inputting and changing, reinforcement of rectangular concrete columns which are subjected to combined axial load and biaxial bending, the calculation and reinforcement of the columns and beam-column joints in staggered floors, and those developing backgrounds of the software CRSC are reviewed in the paper. A typical beam-column joint in a staggered floors is calculated by hands and by the software. The results of the two methods are coincided with each other. The new functions of the software are verified.

Key words: RC(reinforced concrete); biaxial load; staggered floor; beam-column joint; calculation software

(上接第 114 页)

- [5] Zhang Y X, Kim K S. Geometrically Nonlinear Analysis of Laminated Composite Plates by Two New Displacement-based Quadrilateral Plate Elements[J]. *Composite Structures*, 2006, 72(3): 301-310.
- [6] Allmann D J. Compatible Triangular Element Including Vertex Rotations for Plane Elasticity Analysis[J]. *Computers and Structures*, 1984, 19(1-2): 1-8.
- [7] BS5950 1990, British Steel Construction Institute Steel Design Guide to Part 1 [S].
- [8] Cedolin L, Dei P S. Finite Element Studies of Shear-critical R/C Beams[J]. *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, 1977, 103(3): 395-410.
- [9] Izumo J, Shin H, Meakawa K, et al. An Analytical Model for PC Panels Subjected to In-plane Stresses, Concrete Shear in Earthquakes [M]. London and New York: Elsevier Applied Science, 1992.
- [10] Zhanq B, Masmoudi R, Benmokrane B. Behaviour of One-way Concrete Slabs Reinforced with CFRP Grid Reinforcements[J]. *Construction and Building Materials*, 2004, 18 (8): 625-635.

Nonlinear Analysis Study of FRP Reinforced Concrete Slabs

ZHU Yong¹, Sarah Y.X. Zhang²

(1. School of Civil Engineering, GuangZhou University, GuangZhou 510006, China;

2. School of ACME, The University of New South Wales, ADFA, Canberra, ACT, 2600, Australia)

Abstract: Corrosion of steel re-bars is a common problem in the civil construction sector, due to the porosity of concrete and the severe environmental conditions. The use of fiber reinforced polymers (FRP) can be a good alternative for a better corrosion-resistant reinforced concrete. In this study, a shear locking free rectangular layered finite element model based on Mindlin-Reissner plate theory and Timonshenko's beam functions is extended for the nonlinear analyses of FRP reinforced concrete slabs. The developed model could provide an accurate modeling of both the flexural and shear behavior of thin to thick slab-type structures. Both geometric nonlinearity and material nonlinearity for concrete, which incorporates tension, compression, concrete cracking and tension stiffening, are included in the model. The model is verified by the results of one nonlinear analysis of FRP reinforced concrete slabs compared with those from experimental testing available.

Key words: RC slab; FRP bar; shear locking; nonlinear analysis