

# SATWE 对柱刚域范围的确定方法 及其对结构刚度的影响

吴海楠

(建研科技股份有限公司设计软件事业部, 北京 100013)

**【摘要】** 框架结构和其他结构形式中的框架部分都存在梁柱相交的重叠部分, 当此重叠部分相对其跨度较大时, 构件交点处会形成刚性节点区域, 刚域尺寸的确定会在一定程度上影响结构整体分析结果。采用不同方法确定柱刚域范围对结构的分析结果和设计结果存在差异, 尤其是对框架结构和以框架受力为主的部分框支剪力墙结构中的框支框架部分有较大的影响。本文结合现行结构设计规范阐述 SATWE 软件确定柱刚域范围方法和考虑梁柱刚域对于结构刚度的影响。

**【关键词】** 框架结构; 梁柱节点刚域; 结构刚度; 部分框支剪力墙结构

**【中图分类号】** TU973.1<sup>+</sup>6 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2015)01-0085-04

## 1 引言

框架梁柱节点重叠部分的处理对结构刚度和构件设计有一定影响, 对于刚域的确定, 规范给出了近似确定公式, 对于某些情况, 直接应用公式确定柱刚域范围, 会造成计算结果异常, 形成虚假短柱, 下面结合 SATWE(V1.3) 版本软件针对简述上述情况对柱刚域范围的确定方法根据规范进行的适当改进, 以保证计算结果的合理性, 并且分析在其他计算参数相同的情况下, 是否考虑梁柱刚域对于结构整体刚度的影响, 使得我们对于 satwe 对柱刚域范围的确定方法以及考虑梁柱刚域对结构整体分析结果的影响有所认识。

## 2 规范条文

《高层建筑混凝土结构技术规程》(以下简称《高规》)5.3.4 条规定: 在结构整体计算中, 宜考虑框架或壁式框架梁柱节点区的刚域(图1)影响, 梁端截面弯矩可取刚域端截面的弯矩计算值。刚域的长度可按下列公式计算。

$$L_{b1} = a_1 - 0.25h_b \quad (1)$$

$$L_{b2} = a_2 - 0.25h_b \quad (2)$$

$$L_{c1} = c_1 - 0.25b_c \quad (3)$$

$$L_{c2} = c_2 - 0.25b_c \quad (4)$$

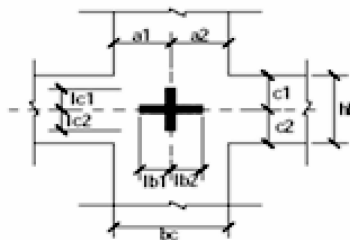


图1 梁、柱节点区刚域图示

## 3 柱刚域范围计算模型

一般的结构的力学模型以梁的中心线与板中心线协调作为计算的一般方式, 因此规范中柱刚域统计划分依据梁中心线, 将其分为上下两部  $l_{c1}$ 、 $l_{c2}$  刚域值,  $l_{c1}$  统计到相邻上部楼层柱刚域部分,  $l_{c2}$  统计到本层柱刚域部分, 如图2所示在第二层梁柱重叠部分简化为刚域时, 柱刚域范围就为本层  $l_{c2}$  和相邻下一层  $l_{c1}$  之和, 由规范公式本层梁高与相邻下层梁高相同(或相近时)即  $C_1 = C_2$ , 同一柱宽  $b_c$ , 因此

**【作者简介】** 吴海楠(1989-), 男, 学士, 助理工程师。主要研究方向: 结构设计软件计算。

此时计算结果和实际位置刚域范围相同或相近。

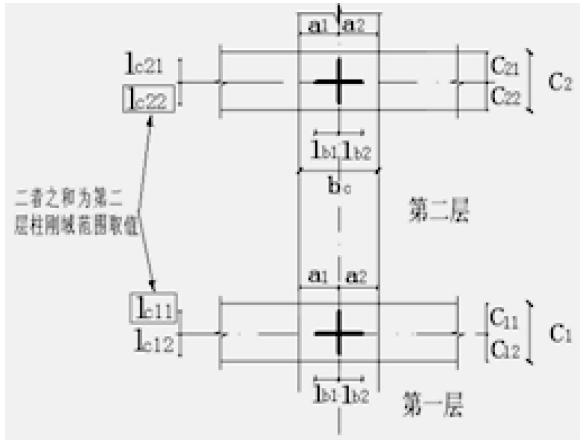


图2 上下层梁高相同时梁柱刚域示意图

#### 4 柱刚域范围确定时存在的两类问题

(1) 结构设计中往往存在一种情况,例如在建筑某个楼层需要放置大型设备时,往往下层梁高较高,因此相邻上下层的梁高相差很大,此时按照规范规定的以梁中心线统计柱刚域时,如图3所示,第二层刚域范围  $l_{c11} + l_{c22}$ ,  $l_{c11} = C_{11} - 0.25b_c$ ,  $l_{c22} = C_{22} - 0.25b_c$ ,  $C_{22}$  为本层梁高的  $1/2$ ,  $C_{11}$  为相邻下一层梁高的  $1/2$ ,由于下层梁高  $C_1 \gg C_2$ ,  $l_{c11} > l_{c22}$ ,这样经计算得出的刚域范围必然会超过本层梁柱重叠部分,在形成单元刚度时本层柱高扣除柱刚域长度后会比实际长度短,就会形成“短柱”,这种虚假短柱造成计算异常,但实际模型中下层梁高对上层柱长度不会有影响。

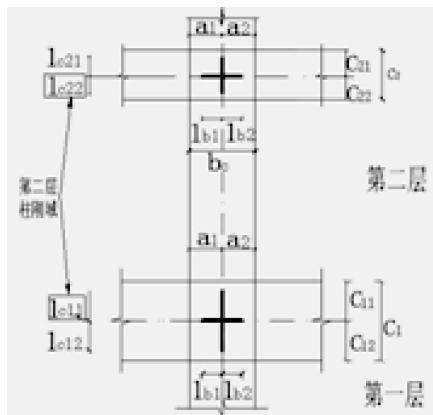


图3 上下层梁高不同时梁柱刚域示意图

(2) 由《高规》5.3.4 公式中可以看出,规范中影响柱刚域的因素,只有梁高和柱高决定刚域长

度,这主要从梁柱交点处能够形成有效刚性节点的前提下出发,在柱宽和梁宽相差不大的情况下,给出的近似公式,不足以说明另外一种情况,当梁宽较小或梁宽与柱宽尺寸相差悬殊时,柱刚域范围按规范公式确定就会过大确定刚性节点范围,夸大了梁对柱的约束能力,实际上梁不会对柱产生足够的约束,形成的有效刚性节点较计算值要小,很可能造成结果偏于不安全。

针对上述情况, SATWE (V1.3) 版本软件做出了调整,对于柱刚域范围的确定,引入了等效梁高的概念,将梁宽这一因素考虑到柱刚域的确定公式上,能够较完善的考虑柱端形成有效刚性节点的范围,避免出现柱端刚域过大对于梁柱节点本身和结构整体刚度统计出现偏差和问题。

#### 5 SATWE (V1.3) 版本软件处理方法

##### 5.1 对于柱刚域位置的选取

SATWE (V1.3) 版本对于梁柱重叠部分简化为刚域分开考虑,可单独选择考虑梁刚域或柱刚域如图4所示。3.0 对于以上(一)情况, SATWE (V1.3) 版本软件给出了合理的统计计算方法,程序在确定刚域范围时不再依据梁中心线划分为上下层两部分,而是将刚域统计范围置顶(本层层高处),如下图6,本层柱刚域只跟本层梁柱重叠部分有关,柱刚域范围按照下式确定:  $l_c = c_1 - 0.5b_c$ ,从上式可以看出,此时柱刚域范围只跟本层梁高和柱高有关,不会受相邻下一层梁高影响,能够正确判断柱长度,从而避免了因上下层梁高差距而造成的虚假短柱现象。

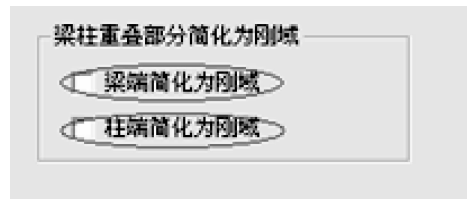


图4 梁柱重叠部分简化为刚域选择

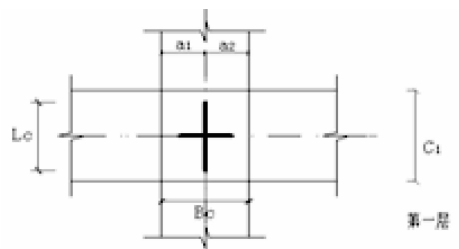


图5 本层柱刚域示意图

## 5.2 考虑梁宽度时处理方法

### 5.2.1 等效梁高的确定

计算得到计算方向上梁截面面积  $b_b \times h_b$ , 计为  $a_b$ , 梁截面面积  $a_b$  与计算方向上柱宽度  $h_c$  的比值即为等效梁高  $h_b'$

### 5.2.2 柱刚域范围确定

确定柱刚域时用等效梁高  $h_b'$  代替实际梁高  $h_b$ , 确定柱刚域范围, 此时柱刚域公式变为:  $l_c = h_b' - 1/2b_c$ , 作为确定柱刚域的依据。

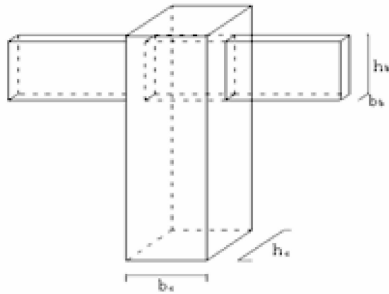


图6 考虑梁截面宽度时梁柱节点示意图

## 6 梁柱节点刚域对结构刚度的影响

以一框架结构和部分框支剪力墙结构实例说明是否考虑梁柱刚域对于结构整体刚度的影响。

1) 框架结构, 6层, 设防烈度7度0.15g, 二类场地, 抗震等级为三级。由于V1.3版本对于柱刚域范围统计方法的改变, 其与10版之前版本有所不同, 下表就V1.3和V1.2两个版本是否考虑梁柱节点刚域进行了对比。

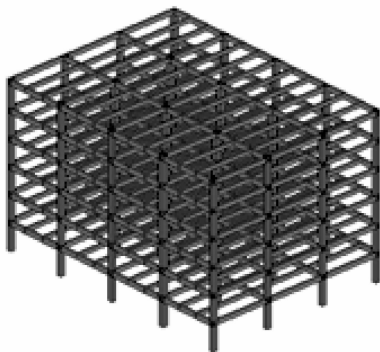


图7 该框架结构三维轴测图

对于该框架结构, 表1给出了在考虑节点刚域

和不考虑节点刚域的条件下结构周期和结构层间位移角的比较结果。

表1 框架对于V1.3和V1.2版本是否考虑梁柱节点刚域对比

| 是否考虑柱刚域  | 比较项目    | V1.2版本<br>结果 | V1.3版本<br>结果 | V1.2/V1.3 |
|----------|---------|--------------|--------------|-----------|
| 不考虑节点刚域  | 结构周期(s) | 1.1840       | 1.1927       | 99.27%    |
|          | 结构位移    | 1/962        | 1/954        | 99.17%    |
| 考虑节点刚域   | 结构周期(s) | 1.1121       | 1.1318       | 98.26%    |
|          | 结构位移    | 1/1076       | 1/1022       | 96.23%    |
| 不考虑节点刚域/ | 结构周期之比  | 106.47%      | 105.38%      | —         |
| 考虑节点刚域   | 结构位移之比  | 110.40%      | 107.13%      | —         |

由上述结果可知, 考虑节点刚域后, 在框架结构整体刚度上有一定的体现, 这种变化从趋势上看, 在周期上: 周期变短, 在结构整体位移上: 弹性层间位移角变大, 符合结构整体刚度的变化趋势。从数值变化上分析, 结构周期变化幅度在5%-7%之间, 结构位移变化幅度在7%-10%之间。由此可见考虑节点刚域对于框架结构来讲, 对于其整体刚度计算影响比较可观, 但是还不能影响结构刚度变化的趋势, 从分析阶段角度出发, 整体参数的控制时, 不考虑梁柱节点刚域可以增加结果的刚度余量, 为后续的性能目标设计提供可靠的设计结果参考。

2) 部分框支剪力墙结构, 36层, 3层地下室, 转换层在第4层, 设防烈度7(0.1g), 二类场地, 抗震等级为二级。对于该部分框支剪力墙结构下表给出了在考虑节点刚域和不考虑节点刚域的条件下结构周期和结构层间位移角的比较结果。

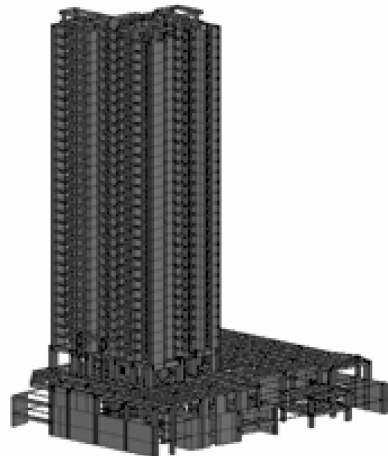


图8 该部分框支剪力墙结构三维轴测图

表2 框架对于 V1.3 和 V1.2 版本  
是否考虑梁柱节点刚域对比

| 是否考虑柱刚域  | 比较项目    | V1.2 版本 | V1.3 版本 | V1.2/V1.3 |
|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 不考虑节点刚域  | 结构周期(s) | 2.9657  | 2.8714  | 103.28%   |
|          | 结构位移    | 1/1524  | 1/1536  | 100.10%   |
| 考虑节点刚域   | 结构周期(s) | 2.9079  | 2.8471  | 102.14%   |
|          | 结构位移    | 1/1551  | 1/1541  | 99.35%    |
| 不考虑节点刚域/ | 结构周期之比  | 101.99% | 100.85% | —         |
| 考虑节点刚域   | 结构位移之比  | 101.07% | 100.03% | —         |

由上述对比结果可知,由于框支框架梁柱节点数量很少,是否考虑梁柱节点刚域对于部分框支剪力墙结构整体刚度影响很小,在计算精度范围之内。

## 7 结语

本文简述了在应用高规公式确定柱刚域时,出现的两类问题:由于规范公式在柱刚域统计划分时,依据梁中心线,本层梁柱重叠部分影响到上一层柱刚域的判断,在某些情况下会引起上层虚假短柱的问题,以及公式未考虑梁宽对柱刚域的影响,satwe 程序都对上述情况做了修改,以刚域置顶,和引入等效梁高加以解决,从而满足结构在分析计算阶段考虑柱刚域时结果的准确和可靠性。经过对框架结构和部分框支剪力墙结构是否考虑梁柱节点刚域对于整体刚度的结果对比,可知考虑节点刚

域对于框架结构来讲,对于其整体刚度计算影响比较可观,可以考虑其对于整体刚度的影响,而节点刚域对于部分框支剪力墙结构刚度影响很小,在1%左右,对于一般部分框支剪力墙结构刚度没有实质的影响。设计人员应根据具体工程灵活考虑以保证结构设计结果的可靠性。

## 参考文献

- [1] GB50011-2010. 建筑抗震设计规范[S].
- [2] JGJ3-2010. 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
- [3] GB50010-2010. 混凝土结构设计规范[S].
- [4] 李国胜. 多高层钢筋混凝土结构设计中疑难问题的处理及算例. 第二版,北京. 中国建筑工业出版社[M], 2011,157-162.
- [5] 陈岱林. 金新阳. 张志宏. 钢筋混凝土构件设计原理及算例[M]. 北京,中国建筑工业出版社,2005,81-147.
- [6] 付学怡. 实用高层建筑结构设计[M]. 第二版,北京. 中国建筑工业出版社,2010,38-45.
- [7] 薛素铎. 赵均. 高向宇. 建筑抗震设计[M]. 第二版,北京. 科学出版社,2007,13-17.
- [8] 徐培福. 付学怡. 王翠坤. 肖从真. 复杂高层建筑结构设计[M]. 北京. 中国建筑工业出版社,2005,95-108.
- [9] 刘立新. 叶燕华. 混凝土结构原理[M]. 武汉. 武汉理工大学出版社,2010,121-137.
- [10] 林同炎 S. D. 斯多蒂斯伯力. 结构概念和体系[M]. 高立人. 方鄂华. 钱稼茹,北京. 中国建筑工业出版社,1999,218-235.

## Method used by SATWE to Determine Dimensions of Column Rigid Joint Panel and Influences on Structure Stiffness

Wu Hainan

(The Design Software Department, CABR Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China)

**Abstract:** The overlap parts of beam-column in frame structures and other types of structures form beam-column rigid joint panels, if the overlap parts are large enough. The dimensions of rigid panel zone can influence the effects of integral structure analysis. It would lead to different results in structural analysis and design, especially in frame structures and partial frame-supported shear wall structures by using different methods to determine column rigid zones. Based on current structure design codes, this article illustrates the method that is used by SATWE to determine rigid panel zones and the effect on the stiffness of structures by beam-column rigid joint panels.

**Key Words:** Frame Structure; Beam-column Rigid Joint Panels; Structural Stiffness; Partial Frame-supported Shear Wall Structures