

# 对竖向非规则框架设计的思考

陈天虹,刘 薇,徐 璘

(浙江科技学院 建筑工程学院,杭州 310023)

**摘 要:** 结合工程设计实践,分析单榀钢筋混凝土竖向非规则框架的受力机理:传力路线长,受力构件多;刚度变化:水平刚度沿着高度方向有突变,应力集中现象严重;变形特点:各柱的竖向变形差异较大,必须考虑对结构整体内力的计算影响;抗震设防要求:采用强柱弱梁设计,形成延性结构。通过与规则框架的比较,提出竖向非规则框架属于抗震不利的结构形式,实际问题的处理应从结构布置、内力与配筋计算、构造措施等方面加以综合考虑。

**关键词:** 竖向非规则框架;受力机理;刚度变化;变形特点;抗震设防;设计方法

**中图分类号:** TU973.31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2009)04-0353-03

## Study on vertical irregular frame design

CHEN Tian-hong, LIU Wei, XU Jin

(School of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,  
Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Base on the practice of engineering design, we analyze four key points of a vertical irregular reinforced concrete frame: 1) mechanical mechanism, long paths of load transfer and too many stressed components; 2) change of rigidity, the severe phenomenon of the sudden change of horizontal rigidity along height and stress concentration; 3) deformation characteristics, due to big differences in vertical deformation of columns, the influence of the internal force calculation in monolithic construction should be considered; 4) the requirement of anti-seismic measures, using the design method of strong column weak beam to make structure be ductile. Compared with regular frame, the vertical irregular frame is not a high-reliability structure on earth-quake resistance. Structure arrangement, calculation of internal force and reinforcement, conformation measure should be considered in the design of engineering projects.

**Key words:** vertical irregular frame; mechanical mechanism; change of rigidity; deformation characteristics; anti-seismic fortification; design method

建筑设计中,为了满足建筑造型收放的需要和局部功能布置的需要(如局部有大空间的使用要求,出屋面需要布置楼梯间、电梯机房及其他设备用房等),

部分主体结构框架柱不落地或不拉通(图 1),框架柱直接支承在楼面梁(或屋面梁)上,形成“竖向不连续”的框架,本文中简称为“竖向非规则框架”。

**收稿日期:** 2009-03-02

**作者简介:** 陈天虹(1965—),女,浙江诸暨人,副教授,一级注册结构工程师,主要从事建筑结构的教学与设计。

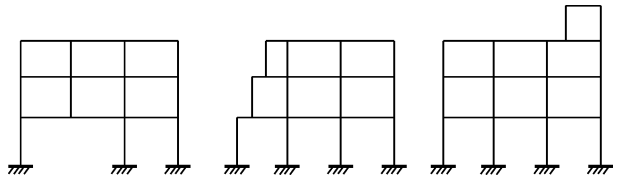


图 1 部分竖向非规则框架示意  
Fig.1 Vertical partly-irregular frame

1 竖向非规则框架的特点

无论是规则框架(图 2)还是竖向非规则框架,均通过框架梁与框架柱的协同工作,形成竖向刚度与水平刚度,组成空间抗侧力结构体系。但是,与规则框架相比,单榀竖向非规则框架在受力机理、刚度变化和变形特点等方面存在着较大的差异,其空间整体性趋弱,属于抗震不利的结构形式,因此实际工程问题的处理应从结构布置、内力与配筋计算、构造要求等方面加以综合考虑。

1.1 受力机理分析

规则框架的传力途径:规则框架在竖向荷载作用下的传力途径是:板→梁→柱→基础,在水平荷载作用下的传力途径是:填充墙(或窗)→梁→柱→基础,传力直接,力经过线路短,构件受力合理。

竖向非规则框架的传力途径:对于不拉通的上层框架柱(图 3)来说,在竖向荷载作用下的传力途径是:板→梁→不拉通柱→支承梁→支承柱→基础,在水平荷载作用下的传力途径是:填充墙(或窗)→梁→不拉通柱→支承梁→支承柱→基础,传力不够直接,中间环节多,力经过线路长,受力构件多,与结构设计的合理性要求和经济性要求相差甚远。

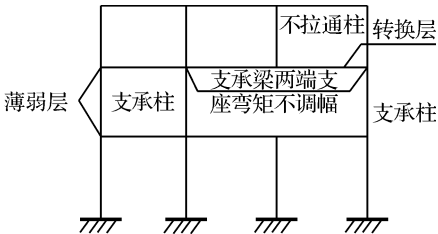


图 3 不拉通柱竖向非规则框架示意  
Fig.3 Vertical irregular frame of lacking column

1.2 刚度变化分析

规则框架的刚度变化:规则框架的框架梁在楼层平面内拉通布置,因此同一楼层和各楼层之间,垂直方向的刚度变化较小,变形协调性好;同样框架柱

在竖向也拉通布置,各楼层平面内的水平刚度沿着高度方向变化也小,变形协调性较好,无明显的应力集中现象产生。

竖向非规则框架的刚度变化:尽管竖向非规则框架的框架梁在楼层平面内拉通布置,但由于局部框架柱的缺失,导致相关联支承梁的跨度增大,因此转换层(见图 3,支承不拉通柱的楼层,余同)和其他楼层之间,垂直方向的刚度变化较大,变形协调性较差;在高度方向,由于部分竖向框架柱不拉通,致使楼层平面内的水平刚度沿着高度方向变化较大,存在刚度突变现象和承载力突变现象,由此引起转换层应力集中现象加重,结构在高度方向变形协调性趋差。

1.3 变形特点分析

钢筋混凝土竖向构件的总压缩量主要由受力变形、干缩变形和徐变变形三部分组成,随着构件高度  $H$ 、平均压应力  $\sigma$  的增加而加大。

规则框架的竖向变形:多层规则框架柱的竖向高度  $H$  和平均压应力  $\sigma$  均较小,框架柱之间的压应力差也不大,因此无论是框架柱的总压缩量还是框架柱之间的压缩差均有限,加之设计中除了通过控制轴压比使框架柱之间的压应力较接近外,还在施工时采取逐步将各层框架柱顶找平后再进行下一道工序的施工办法,来减少变形差,从而使框架柱的竖向变形量趋于一致<sup>[1]</sup>,因此竖向变形对结构内力的影响较小,可以不予考虑。

竖向非规则框架的竖向变形:竖向非规则框架部分框架柱不拉通,直接支承在楼面梁(或屋面梁)上,由于转换层支承梁所在的现浇楼盖在竖向的抗弯刚度有限,因此不拉通柱的竖向变形量(增加了柱根支座产生的下移量)较直接支承在基础上的框架柱要大得多<sup>[2]</sup>。加之梁柱构件之间变形的相互牵制性,超静定体系的竖向非规则框架必须考虑各框架柱之间的竖向变形差对结构整体内力所产生的不利影响。

2 设计中应采取的措施

2.1 满足抗震设计要求,采用强柱弱梁,形成延性结构

建筑物位于抗震设防区,必须进行抗震设防。需要抗震设计的框架结构,均应设计为延性结构,最大限度地耗散地震作用能量,保证建筑结构“小震不坏、中震可修、大震不到”<sup>[3]</sup>的概念设计要求。

规则框架的延性设计:满足强柱弱梁、强剪弱弯、强节点的设计要求,地震作用时框架梁首先出现塑性铰,吸收大量的地震能量后,框架柱也出现塑性

较,结构破坏。

竖向非规则框架的延性设计:与规则框架的延性设计要求相同,需要注意的是:支承梁(图3)塑性铰的出现要后于不拉通柱端塑性铰的出现,否则支承梁塑性铰的提前出现,会使支承梁的竖向变形急剧放大,下拉不拉通柱,从而导致整个结构的坍塌。

## 2.2 满足结构布置要求:采用规则结构

在满足建筑功能、造型要求的前提下,通过调整结构布置,尽可能让更多的框架柱拉通布置,不用或少用竖向非规则框架,以满足设计的合理性和经济性要求。

对于非抗震区或抗震设防烈度较低(6度、7度)的地区,多层框架结构可以让部分柱子不拉通布置,但必须严格控制不拉通柱子的数量,以控制楼层间抗侧刚度的突变量小于30%,满足规则结构的设计要求<sup>[2]</sup>。

## 2.3 满足内力与配筋计算要求:选择合适计算参数

精确计算竖向非规则框架的内力,可根据变形协调条件,按照静力(或动力)平衡方程就解或采用有限元程序计算,但工作量很大。工程设计中,可采用一些成熟的空间结构计算程序,进行内力的近似分析计算,同时完成构件的配筋工作。

当采用常用的空间结构计算程序 TaT, SAT-WE, TBSA 等计算竖向非规则框架的内力和配筋时,考虑到竖向非规则框架的受力机理、刚度变化和变形特点等因素,有必要对程序所采用的部分计算参数进行确定和修正。

1)选择不规则结构,考虑框架柱缺失所引起的刚度变化对结构产生的扭转作用效应。

2)选择模拟施工,考虑转换层楼盖竖向变形的加大对结构内力的影响。

3)除了对底层框架定义为薄弱层外,对柱子不拉通的楼层(如图3中的转换层),也定义为薄弱层,进行大震作用下的弹塑性变形验算。

4)考虑到转换层楼面对不拉通柱在柱端嵌固性方面的欠缺,增大不拉通柱子的计算长度。参考混凝土结构设计规范<sup>[4]</sup>7.3.11要求,现浇楼屋面板的框架结构,底层柱的计算长度系数为1.0、其他楼层柱为1.25,不拉通柱子的支座约束要弱于一般楼层柱,因此建议不拉通柱子的计算长度系数取值大于1.25。

5)抗震设计时,定义支承梁(图3)梁端支座弯矩不调幅,满足延性框架的设计要求。例如采用

PKPM系列结构程序做整体计算,可通过“特殊梁柱”菜单实现该项操作。

## 2.4 满足构造要求:加强概念设计

1)加强转换层楼面的竖向刚度,减少竖向变形量,增加不拉通柱柱根的嵌固作用。如在柱根处设置纵横交叉支承梁系,梁截面必须有一定的宽度要求,最好能包裹柱截面、并比柱截面略宽;有一定的高度要求;上下纵向钢筋全长拉通;严格控制支承梁的剪压比,箍筋必须考虑集中力引起的剪跨比影响,全长加密;同时满足文献[5]中62~65页“附加吊筋构造”和“附加箍筋构造”节点大样要求。

2)加强转换层楼面的水平刚度,以承担高度方向刚度突变产生的集中应力。如增加楼板厚度或增设系梁,减少楼板支承跨度;设置双层双向拉通钢筋网等<sup>[2]</sup>。

3)加强转换层支承柱的延性,建议适当提高框架的抗震等级来控制支承柱的轴压比、剪压比;增加纵向钢筋和箍筋的配置量;采用复合箍筋,全长加密;也可采用提高支承柱的混凝土强度等级、截面尺寸等措施;同时参考文献[5]中第39页、第45页“梁上柱 LZ 纵筋构造”节点大样,加强柱根部位的连接,实现强柱设计。

## 3 结 语

竖向非规则框架属于抗震不利的结构形式,实际工程问题的处理需要从结构布置、程序计算、构造措施等方面加以综合考虑。对转换层的竖向刚度、水平刚度的增加以及支承柱延性的提高等问题的处理,目前还没有定量的指标可循,有待设计实践的不断探索和总结。

## 参考文献:

- [1] 陈天虹,林英舜,王鹏翀.超高层建筑中结构概念设计的几个问题[J].建筑技术,2006(5):371-373.
- [2] 陈天虹,林英舜,徐璿.高层建筑结构楼板设计方法探讨[J].浙江科技学院学报,2008,20(1):38-41.
- [3] GB 50011—2001,建筑抗震设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [4] GB 50010—2002,混凝土结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [5] 03G101—1,混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图[S].北京:中国建筑标准设计研究院,2003.