

国家级示范院校应用型规划教材

GANGJIN HUNNINGTU
KUANGJIAJIEGOU SHEJI

钢筋混凝土 框架结构设计

主 编 / 金海波
副主编 / 邹晓琴 陈 强

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

国家级示范院校应用型规划教材

钢筋混凝土框架结构设计

主 编 金海波
副主编 邹晓琴 陈 强

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要包括钢筋混凝土框架结构设计理论和设计实例两部分。钢筋混凝土框架结构设计理论部分包括框架结构设计理论和基础设计理论等。钢筋混凝土框架结构设计实例为某高层办公楼设计。

本书可供高职高专院校土木工程专业、房屋建筑工程专业学生使用,也可供相关专业从业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土框架结构设计/金海波主编. —天津:天津大学出版社,2014. 8

国家级示范院校应用型规划教材

ISBN 978-7-5618-5165-4

I. ①钢… II. ①金… III. ①钢筋混凝土框架—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU375.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第198262号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 11.25
字 数 281千
版 次 2014年9月第1版
印 次 2014年9月第1次
定 价 25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书编写目的是对钢筋混凝土框架结构设计专业知识进行一次系统的总结。本书主要包括钢筋混凝土框架结构设计理论和设计实例两部分。

钢筋混凝土框架结构设计理论部分包括框架结构设计理论和基础设计理论等。框架结构设计理论主要介绍了钢筋混凝土框架结构梁柱截面尺寸确定、框架内力计算与内力组合、水平荷载作用下侧移控制；基础设计理论主要介绍了天然地基上浅基础设计、桩基础设计以及地基变形验算的相关内容。

钢筋混凝土框架结构设计实例为某高层办公楼设计。该工程的建筑面积约为 $5\,000\text{ m}^2$ ，共7层，根据对结构使用功能要求及技术经济指标等因素的综合分析，本设计采用的结构形式为钢筋混凝土框架-剪力墙结构，基础为箱形基础。设计实例分别介绍了设计资料、结构方案的选择及布置、竖向荷载及横向荷载计算、横向荷载作用下结构内力和位移计算、竖向荷载作用下内力计算、内力调整、内力组合、截面设计、楼板设计、楼梯设计、柱下独立基础设计和剪力墙设计等的设计计算步骤和结果。

本书由湖北省荆门市建筑工程管理处金海波编写第1~6章，由南昌大学科学技术学院邹晓琴编写第7~11章，由昆明楚云交通工程设计有限公司陈强编写第12、13章。本书可供高等院校土木工程专业和高等专科学校、高等职业技术学院房屋建筑工程专业学生毕业设计时使用，也可供自学考试、网络教育、函授本（专）科、电大、职工大学、中专学生及工程设计人员等不同层次的读者参考使用。

本书在编写过程中，参考和引用了国内外同类教材和相关资料，在此向原书作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本书难免存在不足和疏漏之处，恳请各位专家、同人和广大读者批评指正。

编者

2014年6月

目 录

第 1 部分 钢筋混凝土框架结构设计理论

| | |
|---------------------------|------|
| 第 1 章 绪论 | (3) |
| 1.1 建筑框架结构设计应遵循的原则 | (3) |
| 1.2 建筑工程设计一般流程 | (4) |
| 第 2 章 钢筋混凝土框架结构设计 | (5) |
| 2.1 钢筋混凝土框架结构 | (5) |
| 2.2 框架结构房屋的结构布置 | (5) |
| 2.3 框架结构梁、柱截面尺寸的确定 | (8) |
| 2.4 框架的抗震要求及构造 | (12) |
| 2.5 框架静力计算 | (14) |
| 2.6 框架梁、柱承载力计算及侧移控制 | (21) |
| 第 3 章 基础设计 | (29) |
| 3.1 基础设计的一般规定 | (29) |
| 3.2 天然地基上浅基础设计 | (30) |
| 3.3 桩基础设计 | (41) |
| 3.4 地基变形计算 | (48) |

第 2 部分 钢筋混凝土框架结构设计实例

| | |
|--------------------------|------|
| 设计任务书 | (53) |
| 第 4 章 设计工程概况 | (57) |
| 4.1 工程概述 | (57) |
| 4.2 结构设计依据 | (57) |
| 4.3 材料选用 | (57) |
| 第 5 章 结构方案的选择及结构布置 | (58) |
| 5.1 结构方案 | (58) |
| 5.2 结构布置 | (58) |
| 5.3 柱网尺寸以及层高 | (58) |
| 5.4 梁、柱截面尺寸的初步确定 | (59) |
| 5.5 楼板选择 | (60) |
| 5.6 结构横向框架的计算简图 | (60) |
| 第 6 章 竖向荷载作用下的内力计算 | (61) |
| 6.1 计算单元 | (61) |
| 6.2 恒荷载计算 | (61) |

钢筋混凝土框架结构设计

| | | |
|-------------|-----------------------------------|--------------|
| 6.3 | 活荷载计算 | (62) |
| 6.4 | 恒荷载作用下的内力计算(用力矩二次分配法计算恒载作用下框架的弯矩) | (63) |
| 6.5 | 活荷载作用下的内力计算 | (73) |
| 第7章 | 横向荷载作用下的内力计算 | (83) |
| 7.1 | 横向框架侧移刚度的计算 | (83) |
| 7.2 | 重力荷载标准值的计算 | (88) |
| 7.3 | 横向水平地震荷载作用下框架结构的内力和侧移计算 | (95) |
| 7.4 | 横向风荷载作用下框架结构的内力和侧移计算 | (104) |
| 第8章 | 内力调整 | (111) |
| 8.1 | 竖向荷载作用下的梁端弯矩调幅 | (111) |
| 8.2 | 框架梁内力折算至柱边 | (113) |
| 8.3 | 柱的内力调整 | (116) |
| 第9章 | 内力组合及截面设计 | (119) |
| 9.1 | 内力组合 | (119) |
| 9.2 | 截面设计 | (127) |
| 第10章 | 楼板设计 | (143) |
| 10.1 | 楼板类型及设计方法的选择 | (143) |
| 10.2 | 设计参数 | (143) |
| 10.3 | 弯矩计算 | (144) |
| 10.4 | 截面设计 | (147) |
| 第11章 | 楼梯设计 | (149) |
| 11.1 | 设计资料 | (149) |
| 11.2 | 梯段板设计 | (150) |
| 11.3 | 平台板设计 | (151) |
| 11.4 | 平台梁设计 | (152) |
| 11.5 | 平台梁构造 | (153) |
| 第12章 | 基础设计 | (154) |
| 12.1 | 设计资料 | (154) |
| 12.2 | 基础的计算 | (154) |
| 第13章 | 电算校核与分析 | (163) |
| | 参考文献 | (172) |

第 1 部分

钢筋混凝土框架结构设计理论

第1章 绪论

随着我国经济高速发展,建筑设计水平也在逐年提升,建筑造型和建筑功能要求日趋多样化,这就要求建筑框架结构设计在遵循国家规范原则下以更高层次的水平来满足这些要求。

1.1 建筑框架结构设计应遵循的原则

高层建筑在我国城市建筑中所占比例正在不断增大,建筑结构方面的变化也越来越多,新时代的特征在设计中不断涌现。质量安全与时代创新理念的结合是当下高层建筑结构设计的难点和重点。高层建筑结构在设计中必须牢牢把握设计的基本原则,使结构更加合理、规范。具体来说,其设计原则包括以下几个方面。

1. 加强重要结构,减弱次要结构

在我们的印象中强柱强梁肯定会比强剪强弯要更加结实、更加安全。实际上这将会引起非常大的安全隐患。我们知道每个构件的作用不同,整个结构体系就是由众多的构件协调组合而成,并依据其重要性来区分地位轻重。结构构件共同抵抗外力的目的,就是当结构在遭遇强大的外界破坏力时,能够保住其中最重要的部件不受损坏或者至少是最后才被摧毁。因此,在建筑框架结构设计过程中,为了保证柱免遭摧毁或者至少是最后才被摧毁,这就要把梁放在相对比较薄弱的环节上,使其能够承受大部分外界破坏力,尽可能阻挡外界破坏力对柱的破坏,使损失降至最低。而如果把梁和柱都设计在主要环节上,则有可能使梁和柱遭到同样的破坏。

因此,在建筑框架结构设计中需遵循“强柱弱梁”“强剪弱弯”原则。“强柱弱梁”节点的作用是在碰到罕见的大地震时,可以让梁端在外力作用下形成塑性铰,柱端不屈服,并且还位于非弹性的状态,而节点仍然可以在弹性的状态当中。设计经验告诉我们,在建筑结构许可的情况下,应把柱的截面尺寸尽可能做得大些,让柱的线刚度与梁的线刚度的比值大于1,柱的轴压比一定要满足规范的规定。“强剪弱弯”是为了保证构件延性,防止脆性破坏,在结构部件遭遇强大的罕见地震时,可以保证脆性剪切不会失效。

2. 刚柔并济,保证结构体系平衡

建筑框架结构设计一定要遵循刚柔并济的原则。众所周知,结构刚度过大变形能力就差,而结构刚度过小就会导致变形过大而发生脆性破坏。当建筑框架结构要承受一瞬间来袭的强大破坏力时,必然导致其结构部件部分受损或者全部损坏。在面对这个问题的时候,设计人员设计时一定不能使建筑结构太刚。那么建筑框架结构是不是越软越好呢,当然不是。结构柔一些可以削弱外力,但缺点是容易变形,这样必然会导致全体倾覆。所以,在建筑框架结构的设计中,一定要控制好结构设计的刚度,既不能太刚也不宜太柔。这个问题也正是设计人员正在探索并密切关注的问题,现在的规定只是一个笼统的范围,至于谁多谁少,目前尚没有准确定论。

3. 设置多道防线,降低结构风险

层层设防能够尽可能地降低结构体系的风险,当突发状况发生的时候,所有抵抗外力的结构都在联合抵抗,同时相互支撑,这就好比一个物体从高处掉下来,如果经过一层层障碍物的阻碍,缓冲其速度,那么当这个物体落地时可能就比较比没有障碍物阻碍的物体或者障碍物少的受损度小很多。因此,我们不能把结构重心全部寄托在单一的构件上,在土建结构中我们知道多肢墙要比单片的墙好,而框架-剪力墙要比纯框架好,也知道鸟巢外形结构的设计是多道防线设计思路的最好体现。

4. 增强框架结构体系的整体性

好的建筑框架结构体系是一个整体的结构,这种结构体系中没有关节,并且能够快速有效地传递和消除外力,尽量减少破坏力度。有了这个原则,我们在设计时就要想办法把各个关节“打通”,使之畅通无阻。前面我们提到的三个原则实施的基础就是一定使结构浑然一体,也就是说这个原则是前面三个原则的保障。总体来说,设计者要使原本保持平衡和静态的构件组合之后,在受到强烈的外力冲击时还能保持原来的静态,或者相对的静态,这样目的就达到了。

1.2 建筑工程设计一般流程

建筑工程设计一般分三个阶段,即方案阶段、初步设计阶段和施工图阶段。在设计过程中各专业要密切配合,以满足建筑、结构、设备等各方面的要求。其中,建筑与结构的配合尤为关键。

方案阶段在建筑方面主要是在总体规划范围内对房屋的功能分区、人流组织、房屋体型、体量、立面、总体效果等作出设计方案。在方案阶段,结构设计人员要对建筑设计提供结构方案,以求结构体系和建筑方案协调统一。在此基础上要对总体结构进行初步估算,以保证总体结构稳定、可靠、合理,总体变形控制在允许范围内。总体来说,要保证结构的可行性和合理性,至于结构的具体设计则放在后面进行。为此,首先要对结构所受的荷载作出估计,以估算结构的总承载力、地基承受的总荷载,验算总体结构的高宽比和抗倾覆能力,初步估算房屋的总体变形以及结构总体系的布置方案。

初步设计阶段是对方案的完善和深化,对结构设计来说,初步设计阶段要给出结构布置图,进行结构内力分析,初步估算各结构构件的截面尺寸。

施工图阶段主要是进行详细的结构分析、截面选择、配筋计算以及有关的构造设计,以保证结构构件有足够的承载力和刚度,考虑结构连接等细节设计以保证各结构构件间有可靠联系,使之组成可靠的结构体系,最后给出可供施工的图纸。

设计时力学方面的规则是力系(内、外力)要平衡,变形要协调。结构方面的主要规则是要选择合适的结构,将作用在结构上的荷载或作用传到基础上去,而在力的传递过程中所经过的截面上的内力或应力不能超过截面材料允许的强度或构件的承载力。结构刚度要保证结构变形控制在限定范围内。

第2章 钢筋混凝土框架结构设计

2.1 钢筋混凝土框架结构

许多多层房屋建筑物,如办公楼、住宅、商店和工业厂房采用钢筋混凝土框架结构作为主承重结构。

钢筋混凝土框架结构按施工方法分,常见的有现浇整体式、预制装配式和装配整体式等。

现浇整体式框架的框架梁、柱和楼(屋)盖均为现浇混凝土。施工时,将每层的柱和梁板同时支模、绑扎钢筋,然后一次浇灌混凝土,从基础顶面起逐层向上进行。每层楼板中的钢筋要伸入梁内锚固,梁内的纵筋要伸入框架柱内锚固。这种框架的整体性强,抗震性能好,但现场施工作业量大、工期长,模板需求量大。

现浇整体式框架在用于有抗震要求的房屋时,应满足表 2-1 关于适用房屋最大高度的要求。

表 2-1 适用的房屋最大高度 (m)

| 结构类型 | 烈度 | | |
|----------|-----|-----|-----|
| | 7 度 | 8 度 | 9 度 |
| 框架结构 | 55 | 45 | 25 |
| 框架-剪力墙结构 | 120 | 100 | 50 |

预制装配式框架是框架梁、柱和楼板均为混凝土预制构件,通过现场拼装连接成整体的框架结构。它发挥了预制构件的优点,可实现工厂化生产,有利于提高施工效率。但由于我国目前运输吊装所需机械费用较高,且现场拼装焊接接头处需预埋钢连接件,用钢量大,所以这种框架的造价较高。就其工作性能而言,其整体性差、抗震能力弱,不适宜用于地震区。

装配整体式框架是框架梁、柱和楼板均为混凝土预制构件,在预制构件吊装就位后,焊接或绑扎节点区的钢筋,通过浇注振捣混凝土将框架梁、柱和楼板连成整体,形成刚性节点。这种框架兼有现浇整体式框架和预制装配式框架的优点,既有较好的结构整体性,又可采用预制构件,同时还改善了现浇整体式框架现场施工作业量大、模板需求量大和预制装配式框架拼装用钢量大的缺点;但其节点区现场混凝土浇捣施工技术较为复杂。

2.2 框架结构房屋的结构布置

2.2.1 框架结构的组成与布置

1. 框架结构的组成

框架结构一般由梁、柱通过节点连接而成,如图 2-1 所示。节点一般按刚接节点设计,

有时因施工或其他原因,也可有部分节点做成铰接节点。为有利于结构受力,框架梁、柱一般宜对齐。有时因使用、工艺要求或建筑造型需要,框架结构也可能局部抽柱、局部抽梁、内收和外挑,如图 2-2 所示。

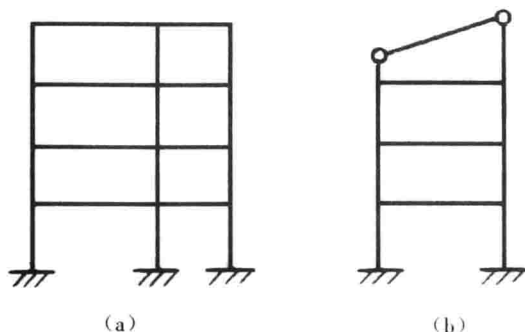


图 2-1 框架结构的组成
(a)刚接节点 (b)部分铰接节点

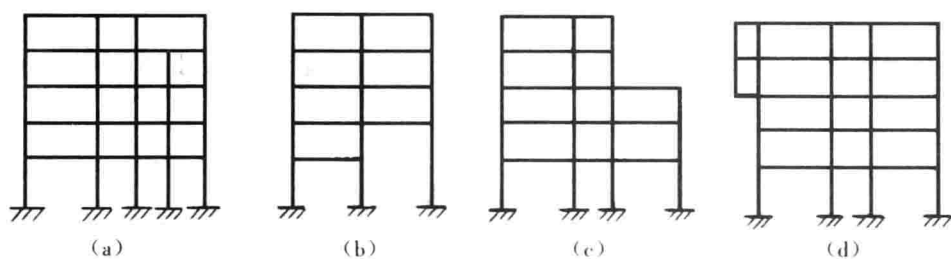


图 2-2 框架结构的调整
(a)局部抽柱 (b)局部抽梁 (c)内收 (d)外挑

2. 框架结构的布置

在一般情况下,框架结构中的柱在两个方向均有梁拉结。这就是说,梁应沿房屋纵横双向布置,因而框架结构实际上是一个空间受力体系。从理论上讲,精确的分析计算应按空间结构进行。但为分析计算简单起见,实际设计中往往忽略这种空间作用而将框架结构视为纵横双向布置的平面框架进行分析计算。沿建筑物纵向布置的平面框架称为纵向框架,沿建筑物横向布置的平面框架则称为横向框架。

建筑物所受的各种作用通过各种结构构件按其布置方式以相应的途径传到框架结构上。楼(屋)面的竖向荷载依不同的布置方式直接或间接地传递到框架上。水平作用依其不同方向分别由纵向框架和横向框架承受。一般承受较大竖向荷载的框架的梁、柱按承重梁设置,截面较大;另一方向框架的梁则按连系梁设置,截面较小。若两个方向的框架承受的竖向荷载差别不大,就应将两个方向框架的梁都按承重框架梁设置。

按楼(屋)面竖向荷载的主要传递方向的不同,框架的布置方案可分为横向框架承重、纵向框架承重和纵横向框架混合承重等几种。

1) 横向框架承重(图 2-3(a))

这种方案是在横向框架布置承重梁,沿建筑物纵向布置连系梁。这时承重框架沿建筑物横向跨数较少。采用横向框架承重方案有利于提高建筑物的抗侧移刚度。建筑物纵向框架跨数较多,纵向抗侧移刚度较大,所以可仅按构造要求布置纵向连系梁。这种方案通常适

用于房间开间较小的旅馆、办公楼等建筑物,纵向连系梁截面较小也有利于室内的采光与通风。

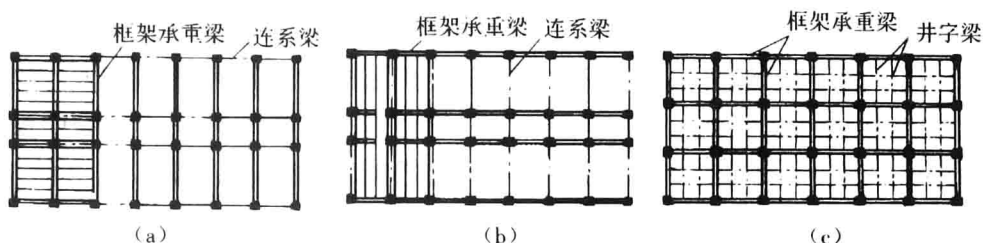


图 2-3 框架的布置方案

(a) 横向框架承重 (b) 纵向框架承重 (c) 纵横向框架混合承重

2) 纵向框架承重(图 2-3(b))

这种方案是在纵向框架布置承重梁,沿建筑物横向布置连系梁。这种方案适用于建筑物要求室内空间较大或要求空间布置灵活的情况,如多层厂房等建筑物。这时因沿横向布置的连系梁截面高度较小,可获得较大的室内净高,也有利于设备管线的穿行。纵向框架承重方案的缺点是建筑物横向抗侧移刚度较小。若采用装配式楼(屋)盖时,建筑物进深还要受到预制构件长度的限制。

3) 纵横向框架混合承重(图 2-3(c))

当在纵横两个方向框架都布置承重梁时,就构成了纵横向框架混合承重方案。这种方案常在楼面荷载较大,或楼面孔洞较大时采用。当柱网布置为正方形或接近正方形时也常这样布置。纵横向框架混合承重方案有较好的整体工作性能。对于现浇楼(屋)盖为双向板的框架承重方案实际上就是纵横向框架混合承重。

2.2.2 柱网尺寸

柱网布置是框架结构平面布置的主要内容之一。

柱网尺寸和布置应能满足建筑平面布置的需要,适应建筑物功能要求。在办公楼、旅馆等民用建筑中,柱网布置应与分隔墙体的布置相协调。为此常将柱设在纵横隔墙的交叉点处。在工业厂房中柱网布置应满足生产工艺的要求。

柱网尺寸与楼(屋)面梁的跨度和楼(屋)盖结构布置有直接关系,对结构合理受力产生影响。柱网尺寸较大时,楼(屋)面梁的跨度较大,可能导致楼(屋)面板因板跨较大而厚度增加,或者采取增加主次梁体系的次梁数量而增加施工的复杂程度。柱网尺寸的设定应使框架受力均匀,所以柱网各跨间距应相同或接近。柱网各跨间距不应太小,一般应避免小于 2.4 m,否则往往因需按构造要求确定框架构件截面尺寸使材料得不到充分利用。

此外,在布置柱网时还应考虑到施工方便,以缩短工期和降低造价。从技术合理和经济性要求考虑,梁的跨度一般在 6~9 m 为宜。

2.2.3 变形缝的设置

变形缝有伸缩缝、沉降缝和防震缝三种。

在建筑物平面尺寸很大的情况下,当气温发生变化时,在结构内部产生的温度应力会将墙面、屋面拉裂,造成非结构构件的损坏,甚至可能引起结构构件开裂损坏,影响建筑物正常

使用或结构的正常工作。为减少这种温度应力的影响,可在一般建筑物中设置温度伸缩缝,将平面尺寸很大的结构分成若干温度区段。伸缩缝应从基础顶面开始,将伸缩缝两侧的温度区段的上部结构分开,并留出一定缝宽使上部结构在气温变化时可沿水平方向自由变形。

当建筑物各组成部分刚度、高度、所受荷载相差较大,或地基土的物理力学性质相差较大时,建筑物可能因各组成部分的沉降差异较大而在结构内部产生附加应力。这种应力也会使建筑物非结构构件损坏,甚至引起结构构件开裂损坏。此时可在建筑物中设置将结构从基础到屋顶全部分开的沉降缝。沉降缝可利用挑梁或搁置预制梁板的办法实现,如图 2-4 所示。

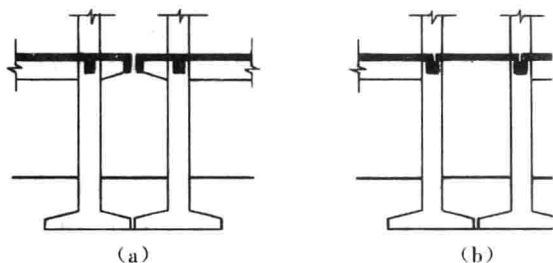


图 2-4 沉降缝

(a) 利用挑梁 (b) 搁置预制梁板

对于多层建筑物,应尽量少设或不设变形缝,以简化构造、方便施工、降低造价。

在建筑设计时,应采取合理调整平面形状、尺寸和体型等措施;在结构设计时,应采取配置构造钢筋,改进和加强节点连接与构造,增加结构的整体性等措施;在施工时,应采取分阶段施工、设置后浇带、做好保温隔热层等措施,来防止因气温变化、不均匀沉降或地震作用所引起的结构或非结构构件可能的损坏。

当建筑物平面较长、形状复杂或各组成部分刚度、高度、所受荷载相差悬殊以至上述措施都难以解决时,才有必要设置变形缝。

伸缩缝的设置主要与结构的平面尺度有关。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)规定,室内或土中的钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距,对现浇框架结构为 50 m,对装配式框架结构为 70 m。若屋顶无保温或隔热措施,上述数值分别应取 30 m 和 50 m。此外,位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区或经常处于高温作用下的结构,应按照使用经验适当减小伸缩缝间距。

伸缩缝和沉降缝的宽度一般不宜小于 50 mm。

在非地震区的沉降缝可兼作伸缩缝。在地区设置的伸缩缝或沉降缝,应符合防震缝的要求。关于防震缝的设置和要求见《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)。

2.3 框架结构梁、柱截面尺寸的确定

2.3.1 梁、柱截面的选择

框架结构是高次超静定的空间结构体系。结构杆件受力情况与其截面形状和尺寸直接相关,但杆件截面是结构设计计算的一个主要目标。因此在框架结构的设计计算中,无论采用何种分析计算方法,往往需事先初选设定梁、柱构件的截面形状和尺寸,以便进行结构受

力分析。若设计计算结果表明,初选的梁、柱构件的截面形状和尺寸不能同时满足承载力的正常使用的要求,便需对该截面形状和尺寸进行修正后,再进行分析计算,直至同时满足承载力和正常使用的要求为止。必要时还应对设计结果进行优化。这是一个需要反复进行的过程。对电算分析,这一过程可能并不显得特别费力;若进行手算,工作量一般很大。

实际工程设计中,在分析计算前,框架结构梁、柱构件的截面形状一般根据构件的受力特点、建筑要求和施工方法选定,截面尺寸先按设计经验和构造要求初选。这样可使需反复进行的分析计算的工作量大大减少,很多情况下可一次选定截面尺寸,通过计算验证所选尺寸是否满足要求。

1. 截面形状

框架梁是受弯构件,截面形状一般为矩形。当楼盖为现浇时,与框架梁整体现浇相连部分的楼板实际上是作为框架梁的翼缘与框架梁共同工作的。这样的框架梁截面就是 T 形(图 2-5(a))或 Γ 形截面(图 2-5(b))。当楼盖为混凝土预制板时,为减小框架梁的结构高度,增加建筑物室内净空,框架梁截面常为十字形(图 2-5(c))或花篮形(图 2-5(d))。框架梁也可采用叠合梁的做法。在铺设预制板前,框架梁一般为 T 形截面,预制板安装就位后,再现浇部分混凝土。后浇混凝土与预制板共同工作,既保证了梁的承载力,又提高了结构的整体性。

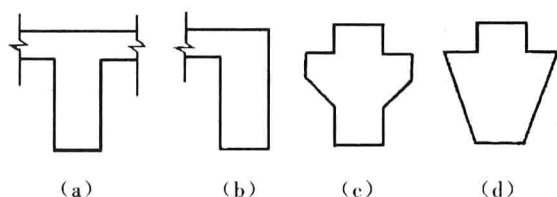


图 2-5 框架梁截面形状

(a) T 形 (b) Γ 形 (c) 十字形 (d) 花篮形

框架柱一般为偏心受压构件,截面形状常为矩形或正方形。矩形的长边方向为较大弯矩的方向。有时因建筑要求,也可做成圆形、八角形或其他形状。

2. 截面尺寸初选

框架梁截面按受弯构件关于截面尺寸的构造要求初选。由于框架梁一般需承受楼面传来的荷载以及水平方向的作用,所以框架梁的截面高度 h 一般较大,常用范围为 $h = (1/12 \sim 1/8)l$, l 为梁的跨度。对于承重框架梁,可取 $h \geq (1/10)l$ 。但是,当梁的跨度较小、梁高较大时,剪力的影响较大。为了不使在受弯破坏之前发生脆性的剪切破坏,框架梁应避免设计成“深梁”,梁高不宜大于净跨的 4 倍。为避免会交于节点的纵、横梁所配钢筋相互冲突,纵、横梁的截面高度应相差至少 50 mm。梁宽 $b = (1/3 \sim 1/2)h$,且不宜小于 200 mm;从梁的侧向稳定的角度出发, b 不宜小于 $(1/4)h$ 。

框架柱截面的边长按 $1/20 \sim 1/15$ 层高初选。框架柱截面的长边尺寸不宜小于 400 mm;短边尺寸不宜小于 350 mm,且宜比所相连的梁的宽度大至少 50 mm,以避免与梁所配钢筋在节点部位冲突。同时按下列方法估算截面。

(1) 以承受轴力为主的框架柱,按轴心受压构件验算,并将轴向力扩大 20% ~ 40%,以考虑弯矩的影响。

(2) 当风荷载影响较大时,由风荷载引起的弯矩 M 可粗略地按下式估算:

$$M = \frac{H}{2m} \sum P \quad (2-1)$$

式中 $\sum P$ ——风荷载设计值的总和;

m ——同一层中的柱数;

H ——柱高(层高)。

然后将 M 与 $1.2N$ (N 为轴向力设计值) 一起作用, 按偏心受压构件验算。

(3) 为了尽量减少构件类型, 方便施工, 多层框架结构的各层梁柱截面尺寸一般不变, 仅改变混凝土强度等级, 必要时可改变柱截面尺寸, 但一般不多于两次。

(4) 梁、柱截面尺寸初选时还应满足其他构造要求, 需进行抗震设计的框架结构梁柱截面尺寸初选时还应满足有关抗震构造要求。

3. 框架梁的抗弯刚度

由于现浇楼盖和装配整体式楼盖的楼板在框架结构中是参与了框架工作的, 这种楼板与框架梁的整体性对梁截面抗弯刚度的影响在设计中应该加以考虑。

在框架梁两端节点附近, 梁内一般存在负弯矩。楼板受拉对梁的截面抗弯刚度影响很小; 而在框架梁跨中, 梁内一般存在正弯矩, 楼板处在梁的受压区形成 T 形截面, 楼板对梁截面的抗弯刚度影响较大。此外, 框架结构梁、柱在使用阶段还可能带裂缝工作。因而在设计计算中准确确定框架梁截面惯性矩 I 并非易事。

为了简化计算, 忽略楼板对梁截面的抗弯刚度影响沿梁的长度方向的变化, 并假定梁截面惯性矩 I 沿梁的长度方向不变。对现浇楼盖, 中框架取 $I = 2I_0$, 边框架取 $I = 1.5I_0$; 对装配整体式楼盖, 中框架取 $I = 1.5I_0$, 边框架取 $I = 1.2I_0$ 。这里 I_0 为矩形截面梁的惯性矩。

至于装配式楼盖, 由于其楼板对梁的截面抗弯刚度几乎没有影响, 框架梁截面惯性矩按实际截面计算。

2.3.2 框架结构的计算简图

1. 计算单元的确定

前面已经指出, 实际设计中往往将框架结构视为纵横双向布置的平面框架进行结构分析计算。这实际上是忽略了各横向框架或各纵向框架之间的空间联系, 忽略了构件的抗扭作用。其理由是在多数情况下, 横向框架或纵向框架都是均匀布置的, 各自的抗侧移刚度大致相同, 所受竖向荷载和水平荷载也大致均匀, 同时楼(屋)盖在其自身平面刚度很大, 所以在荷载作用下, 各横向框架或各纵向框架都将产生大致相同的变形, 各横向框架或各纵向框架之间的相互影响和约束并不很大。在横向框架承重的结构方案中, 可取有代表性的一榀横向框架作为计算单元进行分析计算, 必要时再取纵向框架进行分析计算。对纵向框架承重的结构方案, 也按同样的原则处理。对纵横向框架混合承重方案, 应根据结构的特点进行分析, 并对荷载作适当简化。在这样的简化假定下, 计算单元的受荷范围为所取平面框架两侧各半个框架间距以内。在框架间距相等的情形下, 计算单元为中框架时的受荷范围就是一个框架间距(即建筑物的开间)。

2. 节点和支座的简化

对于空间结构, 节点总是三向受力的。当按平面框架进行结构分析计算时, 节点也相应地考虑为框架平面内的受力。对整浇钢筋混凝土框架结构的节点(图 2-6), 因梁、柱内的纵

向受力钢筋均穿过节点或在节点内锚固,故一般为刚接节点。

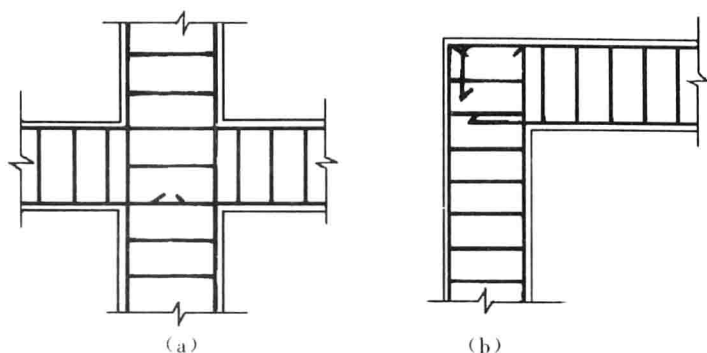


图 2-6 整浇钢筋混凝土框架节点

(a) 穿过节点 (b) 在节点内锚固

装配式框架结构的节点是在梁、柱构件安装就位后,通过梁、柱连接部位的预埋钢板之间的现场焊接形成的。由于钢板在其自身平面外的刚度很小,现场焊接质量难以保证,所以不能确保结构在受力后梁柱间没有相对转动,故这种节点只能简化成铰接节点(图 2-7(a))或半铰接节点(图 2-7(b))。

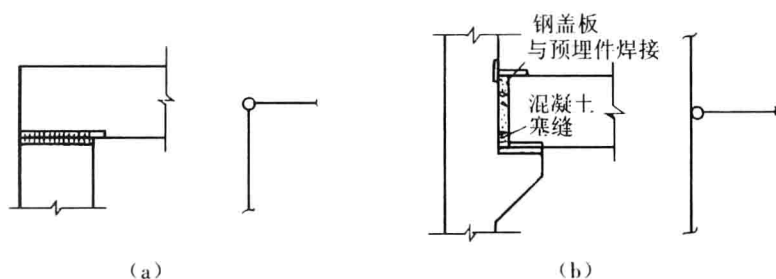


图 2-7 装配式框架结构节点

(a) 铰接节点 (b) 半铰接节点

对装配整体式框架结构的节点,因梁、柱内的纵向受力钢筋相互在节点处焊接(图 2-8)或搭接后再现场浇灌部分混凝土,这样的节点可有效地传递弯矩,因此可认为是刚接节点。但这种刚接节点是在施工过程中形成的,在刚接节点形成前,尚不能传递弯矩,应按铰接节点进行验算。

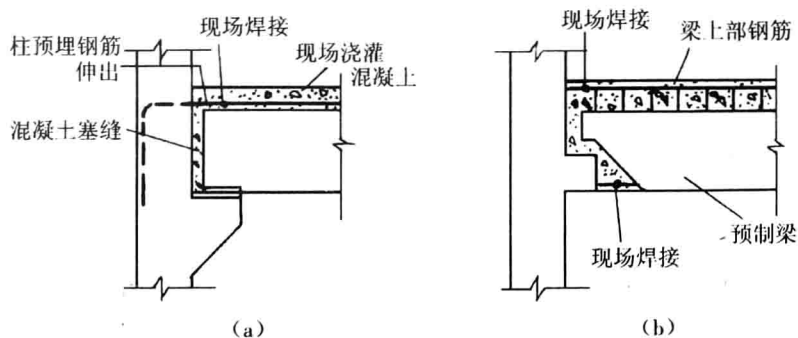


图 2-8 装配整体式框架结构节点

(a) 焊接 (b) 搭接