



银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

混凝土结构施工

张若美 主编



高等教育出版社

银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

混凝土结构施工

张若美 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部、建设部联合制定的高等职业学校建筑工程技术专业技能型紧缺人才培养培训指导方案编写的。

全书讲述了框架结构施工、剪力墙结构施工、框架剪力墙结构施工、筒体结构施工等内容。

本书按照技能型人才培养的特点,以岗位核心职业能力构建教材体系,打破了传统的以学科体系编写教材的模式,采用教学单元模式进行编写。

本书可作为高等职业学校建筑工程技术专业及相关专业的教材,也可作为成人教育以及相关职业岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构施工/张若美主编. —北京:高等教育出版社,2005.12

ISBN 7-04-018080-4

I. 混... II. 张... III. 混凝土结构-工程施工-高等学校:技术学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 128924 号

策划编辑	毛红斌	责任编辑	李 激	封面设计	于 涛	责任绘图	朱 静
版式设计	范晓红	责任校对	王效珍	责任印制	孔 源		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 潮河印业有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 16
字 数 380 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800 810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 12 月第 1 版
印 次 2005 年 12 月第 1 次印刷
定 价 20.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18080-00

**建筑工程技术专业领域技能型紧缺人才
培养培训系列教材编委会**

主任委员：胡兴福

副主任委员：丁天庭 韩培江 杨太生 赵 研

委 员：杜绍堂 鲁 辉 凌支援 李佐华

孙光远 危道军 王洪健 曾跃飞

朱永祥 周英才 朱勇年 张若美

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》,缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状,为我国走新型工业化道路服务,自 2001 年 10 月以来,教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会,明确了高等职业教育要“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”,同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才,既要能动脑,更要能动手,他们既不是白领,也不是蓝领,而是应用型白领,是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

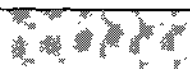
培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应,也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此,我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨,并从中遴选出一些较为成熟的成果,组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨,结合最新的教改成果,反映了最新的职业教育工作思路和发展方向,有益于固化并更好地推广这些经验和成果,很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定,教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004 年 9 月



前 言

由于建筑工程的功能性、时间性、地域性和多样性,建筑施工无疑是一个复杂的系统工程。在这个系统中,包含有法规、标准、组织管理、工艺方法、经验和创新等众多的内容,而且施工技术还在不断地创新发展。初学者应该清楚建筑施工的全过程、熟悉和理解不同结构体系的施工工艺方法、熟悉和理解施工组织的常见做法、熟悉建筑工程法规和标准,了解施工技术发展的最新信息,以便为今后的工作打下坚实的基础。

围绕两年制教学的改革,实施项目教学法是一个较新的教学思路,也是一种尝试。本教材以项目教学法的理念,按照混凝土结构的结构体系划分单元,分别介绍其施工工艺和施工方法。由于框架结构、剪力墙结构、框-剪结构和筒体结构施工的施工方法和工艺等很多内容相同或者比较类似,所以编者重点围绕框架结构施工进行编写,其他结构的相同部分的内容为了避免重复就不再罗列出来,在实际教学过程中,介绍到其他结构形式的施工工艺和方法时,教师只要对有关的重复内容做出适当的说明就可以了。这种教材的编写形式是一种尝试。这需要各个学校在教学过程中进一步实践和检验,我们衷心希望这种教学的尝试为高等职业教育的教学探索出一条新路。

本书由张若美、陈燕、陈引花、赵俊鸿、詹亚民编写,由张若美担任主编。

本书由胡兴福主审。为提高本书的编写质量,审稿者提出了许多宝贵的意见;本书参考了书后所列参考文献,在此向审稿者和参考文献的编者一并表示衷心的感谢。

由于作者的木平有限,书中难免存在不足之处,望广大读者批评指正,以便改正。

编者

2005年6月

目 录

单元 1 框架结构施工	1	5.5 其他准备工作	62
项目 1 框架结构房屋构造	1	项目 6 框架结构施工常用脚手架 ...	62
1.1 框架结构房屋组成	1	6.1 扣件式钢管脚手架	62
1.2 框架结构房屋构造	2	6.2 碗扣式钢管脚手架	67
项目 2 框架结构房屋基本构件		6.3 门(框组)式钢管脚手架	70
承载能力	6	6.4 吊脚手架	73
2.1 受弯构件	6	6.5 附着升降式脚手架	76
2.2 受压构件	24	项目 7 框架结构施工常用机械设备	
2.3 其他构件简介	27		77
项目 3 框架结构房屋施工图识读		7.1 塔吊、龙门架	77
与竣工图绘制	29	7.2 混凝土泵	87
3.1 施工图的作用	29	7.3 混凝土搅拌机、振捣设备	91
3.2 施工图的种类	29	项目 8 框架结构施工基本技术	96
3.3 建筑施工图的识读	30	8.1 模板工程施工基本技术	96
3.4 结构施工图识读	42	8.2 钢筋工程施工基本技术	110
3.5 竣工图及其绘制	52	8.3 混凝土工程施工基本技术	129
项目 4 框架结构施工基本知识	54	8.4 泵送混凝土施工	136
4.1 施工规范体系	54	8.5 高强混凝土施工	138
4.2 施工资料	56	项目 9 框架结构主体施工	139
项目 5 框架结构施工准备工作	58	9.1 现浇框架结构施工工艺与施工	
5.1 技术准备	59	要点	139
5.2 现场准备	59	9.2 装配整体式框架结构施工	151
5.3 劳动与组织准备	60	项目 10 框架结构季节性施工措施	
5.4 物资准备	61		156

II ■ 目录

10.1 框架结构冬期施工	156	项目 8 剪力墙结构主体施工	196
10.2 框架结构雨期施工	166	8.1 大模板施工	196
项目 11 框架结构施工方案	167	8.2 隧道模板施工	198
11.1 确定施工流向	168	8.3 滑升模板施工	204
11.2 施工顺序	169	8.4 爬升模板施工	208
11.3 划分流水工作段	170	8.5 钢筋工程施工	210
11.4 施工机具的选择	170	8.6 混凝土工程施工	212
11.5 选择施工方法	171	项目 9 剪力墙结构季节性施工措施	213
11.6 技术组织措施	171	项目 10 剪力墙结构施工方案	213
11.7 施工方案的评价方法	173	项目 11 剪力墙结构施工质量验收	213
项目 12 框架结构施工质量验收	174	与安全技术	213
与安全技术	174	单元 3 框架-剪力墙结构施工	214
12.1 模板工程施工质量验收	174	项目 1 框架-剪力墙结构房屋构造	214
12.2 钢筋工程施工质量验收	177	1.1 框架-剪力墙结构房屋组成	214
12.3 混凝土工程施工质量验收	181	1.2 框架剪力墙结构房屋构造	215
12.4 混凝土结构工程施工安全技术	184	项目 2 框架-剪力墙结构房屋	217
单元 2 剪力墙结构施工	187	施工图识读与竣工图绘制	217
项目 1 剪力墙结构房屋构造	187	项目 3 框架-剪力墙结构施工	217
1.1 剪力墙结构房屋组成	187	基本知识	217
1.2 剪力墙结构房屋构造	187	项目 4 框架-剪力墙结构施工	217
项目 2 剪力墙结构房屋施工图	189	准备工作	217
识读与竣工图绘制	189	项目 5 框架-剪力墙结构施工	217
2.1 剪力墙结构房屋施工图识读	189	常用脚手架	217
2.2 剪力墙结构房屋竣工图绘制	194	项目 6 框架-剪力墙结构施工	217
项目 3 剪力墙结构施工基本知识	194	常用机械设备	217
项目 4 剪力墙结构施工准备工作	194	项目 7 框架-剪力墙结构施工	217
项目 5 剪力墙结构施工常用	194	基本技术	217
脚手架	194	项目 8 框架-剪力墙结构主体施工	217
项目 6 剪力墙结构施工常用机械	195	项目 9 框架-剪力墙结构季节性	218
设备	195	施工措施	218
项目 7 剪力墙结构施工基本技术	195	项目 10 框架-剪力墙结构施工	218
7.1 剪力墙模板的种类及模板构造	195	方案	218
7.2 剪力墙结构钢筋混凝土	196	项目 11 框架-剪力墙结构施工	218
施工基本技术	196	质量验收与安全技术	218

单元4 筒体结构施工	219
项目1 筒体结构房屋构造	219
1.1 筒体结构房屋组成	219
1.2 筒体结构房屋构造	220
项目2 筒体结构房屋施工图识读 与竣工图绘制	222
项目3 筒体结构施工基本知识	222
项目4 筒体结构施工准备工作	222
项目5 筒体结构施工常用脚手架	223
项目6 筒体结构施工常用机械设备	223
项目7 筒体结构施工基本技术	223
项目8 筒体结构主体施工	223
项目9 筒体结构季节性施工措施	223

项目10 筒体结构施工方案	223
项目11 筒体结构施工质量验收与 安全技术	223
单元5 训练项目	224
项目1 建筑、结构施工图识读	224
项目2 绘制竣工图	226
项目3 脚手架搭设与拆除	227
项目4 模板安装与拆除	230
项目5 钢筋制作与安装	232
项目6 编制专项施工方案	234
单元6 练习题	236
项目1 复习思考题	236
项目2 填空题	238
项目3 计算题	239
参考文献	242

单元 1

框架结构施工

项目 1 框架结构房屋构造

1.1 框架结构房屋组成

由梁和柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构称为框架结构。框架结构体系的最大特点是承重结构和围护、分隔构件完全分开,墙只起围护、分隔作用。框架结构建筑平面布置灵活,空间划分方便,易于满足生产工艺和使用要求,构件便于标准化,具有较高的承载力和较好的整体性,因此广泛应用于多层工业厂房及多层、高层办公楼、医院、旅馆、教学楼、住宅等。框架结构的适用层数为 6~15 层,非地震区也可建到 15~20 层。框架结构房屋的高度一般不超过 60 m。

框架结构由很多受力构件组合而成,主要受力构件有楼板及屋面板、梁、柱等,其中板、梁是水平受力构件,柱是竖向受力构件。

1. 楼板及屋面板

楼板及屋面板是将活荷载和恒载通过梁(或直接)传递到竖向支承结构(柱、墙)的主要水平构件,属受弯构件,其形式可以是实心板、空心板、带肋板等。

2. 梁

梁是将楼板上或屋面上的荷载传递到柱或墙上的受弯构件,楼层处的梁称为楼盖梁,屋面处的梁称为屋面梁,有时梁与板整浇在一起,形成 T 形截面梁,或 L 形截面梁。此外,还有门窗洞口的过梁、雨篷梁等。

3. 柱

柱的作用是支承楼面体系,属于受压构件,当有偏心荷载作用时,柱受压的同时,还会受弯。

1.2 框架结构房屋构造

1. 柱、梁、板的一般构造

(1) 柱子

1) 材料要求

一般情况下,柱混凝土采用 C20 及以上的强度等级,对于高层建筑的柱,常采用高强度等级的混凝土。

受压构件不宜采用高强钢筋。高强钢筋与混凝土共同作用时,不能充分发挥其高强的作用,一般采用 HRB335 级、HRB400 级钢筋。

2) 截面尺寸

柱截面一般采用方形或矩形,这是由于其构造简单,施工方便。在特殊情况下,可以采用圆形或对称多边形。对多层厂房柱,宜取 $h \geq l_0/25$ 和 $b \geq l_0/30$ (其中 b, h 为柱的截面宽度和高度, l_0 为柱的计算长度)。对现浇钢筋混凝土柱的截面尺寸不宜小于 $250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ 。

3) 截面配筋

柱中受力钢筋不应少于 4 根,直径不宜小于 12 mm,并满足最小配筋率的要求,同时全部纵向钢筋的配筋率不宜超过 5%;圆柱中纵向钢筋宜沿周边均匀布置,根数不宜少于 8 根,且不应少于 6 根。

纵向钢筋净距不应小于 50 mm (水平浇筑时同梁),同时,轴心受压柱中各边的纵向受力钢筋以及偏心受压柱中垂直于弯矩作用平面的受力钢筋的中距不宜大于 300 mm。

柱箍筋应做成封闭式。当柱截面短边尺寸大于 400 mm,且各边纵向钢筋多于 3 根时,或当柱截面短边尺寸不大于 400 mm,但各边纵向钢筋多于 4 根时,应设置复合箍筋,如图 1.1 所示。

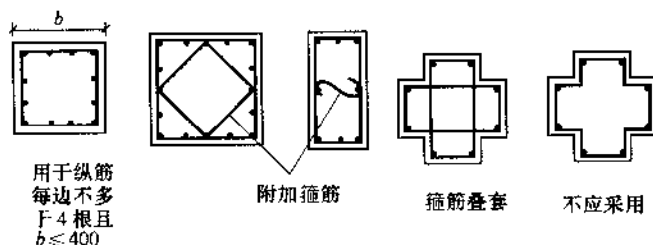


图 1.1 箍筋形式

当偏心受压柱的截面高度 $h \geq 600 \text{ mm}$ 时,在柱的侧面应设置直径为 10 ~ 16 mm 的纵向构造钢筋,其间距不大于 500 mm,并相应设置拉筋或复合箍筋,如图 1.2 所示。拉筋的直径和间距可与基本箍筋相同。

箍筋间距不应大于 400 mm,且不应大于截面短边尺寸,且不应大于 $15d$ (d 为纵向钢筋直径)。箍筋直径不应小于 $d/4$ (d 为纵向钢筋最大直径),且不小于 6 mm。当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过 3% 时,则箍筋直径不宜小于 8 mm,间距不应大于 $10d$ (d 为纵向钢筋最小直

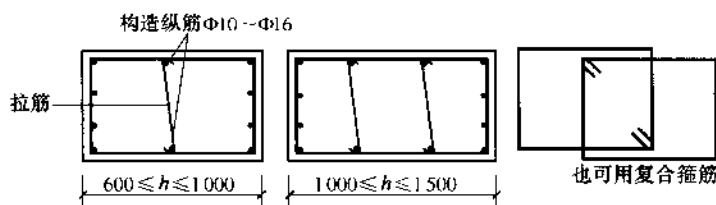


图 1.2 偏压柱构造纵筋的设置

径), 且不应大于 200 mm。箍筋末端应做成 135°弯钩, 且弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍。

(2) 梁

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 中规定, 混凝土结构中梁的最小截面应符合下列要求: 截面宽度不宜小于 200 mm; 截面高度与宽度的比值不宜大于 4; 净跨与截面高度的比值不宜小于 4。

工程实践中经常按跨度的 1/10 左右估取梁的截面高度, 并按 1/2 ~ 1/3 的截面高度估取截面宽度, 且应为 50 mm 的倍数。当梁高度大于 800 mm 时, 取 100 mm 的倍数。梁的截面形式多为矩形。

采用预制钢筋混凝土楼板时, 框架梁分为托板梁与连系梁。托板梁的截面形式可以为“十”形 (如图 1.3 所示), 以减小结构高度。连系梁的截面形式可以为矩形、T 形、L 形、Z 形等。

(3) 板

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 中规定, 各种现浇钢筋混凝土板的厚度应小于表 1.1 的规定。

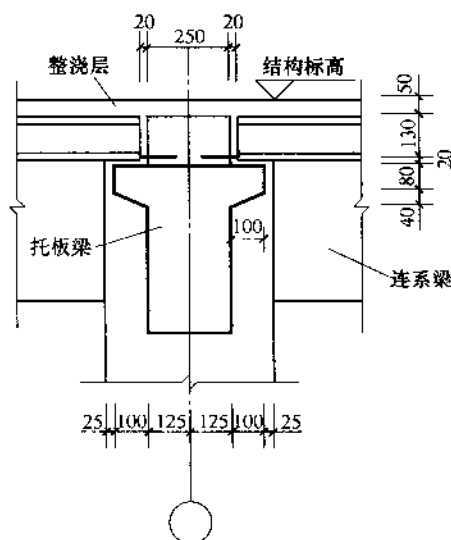


图 1.3 预制板与现浇梁和柱子的关系

表 1.1 现浇钢筋混凝土板最小厚度

			mm		
板的类别		最小厚度	板的类别		最小厚度
单向板	屋面板	60	密肋板	肋间距小于或等于 700 mm	40
	民用建筑楼板	60		肋间距大于 700 mm	50
	工业建筑楼板	70	悬臂板	板的悬臂长度小于或等于 500 mm	60
	行车道下的楼板	80		板的悬臂长度大于 500 mm	80
双向板		80	无梁楼板		150

1) 现浇钢筋混凝土板的计算

① 两对边支承的板应按单向板计算。

② 四边支承的板应按下列规定计算：

a. 当长边与短边长度之比小于或等于 2.0 时，应按双向板计算。

b. 当长边与短边长度之比大于 2.0，但小于 3.0 时，宜按双向板计算；当按沿短边方向受力的单向板计算时，应沿长边方向布置足够数量的构造钢筋。

c. 当长边与短边长度之比大于或等于 3.0 时，可按沿短边方向受力的单向板计算。

现浇钢筋混凝土板的厚度除满足表 1.1 中的最小值外，一般按受力跨度的 $1/30 \sim 1/40$ 估取，并应为 10 mm 的倍数。

2) 预制钢筋混凝土板的规格、尺寸及构造

预制钢筋混凝土板的规格、尺寸应以各地预制构件标准图为准。板伸入梁的支承长度不得小于 80 mm。为加强预制板的整体性，可以在板面上加做 50 mm 的混凝土整浇层，内配 $\Phi 8@200$ 双向钢筋网片。下面列举 3 种北京地区的预制板：

① 预应力短向圆孔板 这种板的标志跨度为 1 800 ~ 4 200 mm，按 300 mm 进级，板的构造尺寸为标志跨度减 90 mm (90 mm 为板端预留构造缝)。板宽的标志尺寸为 1 200 mm、900 mm，构造尺寸为 1 180 mm、880 mm。板厚一律为 130 mm。构件代号为 ZB33.1、ZB36(1) 等。板间缝应不小于 40 mm。

② 预应力长向圆孔板 这种板的标志跨度为 4 500 ~ 6 600 mm，按 300 mm 进级，板的构造尺寸为标志跨度减 100 mm (100 mm 为板端预留构造缝)。板宽的标志尺寸为 1 200 mm、900 mm，构造尺寸为 1 180 mm、880 mm。板厚为 185 ~ 190 mm (190 mm 仅用于板跨为 6 300 mm、6 600 mm 两种板)。构件代号为 KB60.1、KB57.(1) 等。板间缝应不小于 60 mm。

③ 预应力叠合长向圆孔板 这种板的标志跨度为 4 500 ~ 4 900 mm，按 300 mm 进级，板的构造尺寸为标志跨度减 320 mm (320 mm 为板端预留构造缝)。板宽的标志尺寸为 1 200 mm、900 mm，构造尺寸为 1 180 mm、880 mm。板厚为 185 ~ 190 mm (190 mm 仅用于板跨为 6 300 mm、6 600 mm、6 900 mm 三种板跨)。构件代号为 DKB60.1、DKB57.(1) 等。

【例 1.1】 条件 开间 3 800 mm，进深 6 300 mm，柱子截面尺寸 500 mm × 500 mm，梁宽 250 mm。试按短向板要求计算所需要的板块数量。

【解】 (1) 选择与计算

选择 ZB36 板，原因是预制板只能摆放在托板梁的翼缘上，梁宽必须得保证。ZB36 板的构造长度为 3 510 mm， $(3 510 + 250) \text{ mm} = 3 760 \text{ mm}$ ， $(3 800 - 3 760) \text{ mm} = 40 \text{ mm}$ (由缝隙填充)。这种做法通常称为“下选一级”。北京地区的短向板、长向板均存在下选一级的问题。

(2) 计算块数

进深轴线尺寸 6 300 mm 减去柱宽 500 mm，余 5 800 mm (板只能支承在托板梁上，与柱子无关)。

选 3 块宽板，所占尺寸为 $1 180 \times 3 \text{ mm} = 3 540 \text{ mm}$

选 2 块窄板，所占尺寸为 $880 \times 2 \text{ mm} = 1 760 \text{ mm}$

两者合计为 5 300 mm。

$(5 800 - 5 300) \text{ mm} = 500 \text{ mm}$ 。5 块板 4 个缝，每个缝为 $500 \text{ mm} / 4 = 125 \text{ mm}$ 。

2. 框架结构房屋构造要求

(1) 框架结构应设计成双向梁柱抗侧力体系。主体结构除个别部位外,不应采用铰接。

(2) 抗震设计的框架不宜采用单跨框架。

(3) 框架梁、柱中心线宜重合。当梁柱中心线不能重合时,在计算中应考虑偏心对梁柱节点核心区受力和构造的不利影响,以及梁荷载对柱子的偏心影响。

(4) 框架结构的填充墙及隔墙宜选用轻质墙体,并具有自身的稳定性。

(5) 框架结构按抗震设计时,不应采用部分由砌体墙承重的混合形式。当仅布置少量钢筋混凝土剪力墙时,结构分析计算应考虑该剪力墙与框架的协同工作。

(6) 框架梁

1) 框架结构的主梁截面高度 h_b 可按 $(1/10 \sim 1/8)l_b$ 确定, l_b 为主梁计算跨度;梁净跨与截面高度之比不宜小于4。梁的截面宽度不宜小于200 mm,梁截面的高宽比不宜大于4。

2) 当梁高较小或采用扁梁时,除验算其承载力和受剪截面要求外,尚应满足刚度和裂缝的有关要求。在计算梁的挠度时,可扣除梁的合理起拱值;对现浇梁板结构,宜考虑梁受压翼缘的有利影响。

3) 现浇混凝土框架梁混凝土强度等级不宜大于C40。

(7) 框架柱

1) 矩形截面柱的边长,非抗震设计时不宜小于250 mm,抗震设计时不宜小于300 mm;圆柱截面直径不宜小于350 mm。

2) 柱剪跨比宜大于2;柱截面高宽比不宜大于3。

3) 框架柱混凝土强度等级,抗震设防烈度为9度时不宜大于C60,抗震设防烈度为8度时不宜大于C70。

(8) 框架结构楼盖

1) 房屋高度超过50 m时,框架结构宜采用现浇楼盖结构。

2) 现浇楼盖的混凝土强度等级不宜低于C20、不宜高于C40。

3) 房屋高度不超过50 m的框架结构或剪力墙结构,当采用装配式楼盖时,应符合下列要求:

① 楼盖的预制板板缝宽度不宜小于40 mm,板缝大于40 mm时应在板缝内配置钢筋,并贯通整个结构单元。预制板板缝、板缝梁的混凝土强度等级应高于预制板的混凝土强度等级,且不应低于C20。

② 预制板搁置在梁上或剪力墙上的长度分别不宜小于35 mm和25 mm。

③ 预制板板端宜预留胡子筋,其长度不宜小于100 mm。

④ 预制板板孔堵头宜留出不少于50 mm的空腔,并采用强度等级不低于C20的混凝土浇筑密实。

4) 房屋的顶层、结构转换层、平面复杂或开洞过大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层应采用现浇楼盖结构。一般楼层现浇楼板厚度不应小于80 mm;当板内预埋暗管时不宜小于100 mm;顶层楼板厚度不宜小于120 mm,宜双层双向配筋;转换层楼板应符合顶层楼板的有关规定;普通地下室顶板厚度不宜小于160 mm;作为上部结构嵌固部位的地下室楼层的顶楼盖应采用梁板结构,楼板厚度不宜小于180 mm,混凝土强度等级不宜低于C30,应采用双层双向配

筋,且每层每个方向的配筋率不宜小于0.25%。

5) 现浇预应力混凝土楼板厚度可按跨度的 $1/45 \sim 1/50$ 采用,且不宜小于150 mm。

6) 现浇预应力混凝土板设计中应采取措施防止或减少主体结构对楼板施加预应力的阻碍作用。

项目2 框架结构房屋基本构件承载能力

2.1 受弯构件

框架结构中的受弯构件主要是各种类型的梁和板。受弯构件主要承受弯矩 M 和剪力 V 。结构设计时常常需要在构件中配置钢筋以使钢筋和混凝土共同工作。仅在构件截面的受拉区按计算配置受力钢筋的受弯构件称为单筋受弯构件;在截面的受拉区和受压区都按计算配置受力钢筋的受弯构件称为双筋受弯构件。

1. 受弯构件需进行的计算和验算

(1) 承载能力极限状态计算

1) 正截面受弯承载力计算 按控制截面(跨中或支座截面)的弯矩设计值确定截面尺寸及纵向受力钢筋的数量。

2) 斜截面受剪承载力计算 按控制截面的剪力设计值复核截面尺寸,并确定截面抗剪所需的箍筋和弯起钢筋的数量。

(2) 正常使用极限状态验算

受弯构件除必须进行承载能力极限状态计算外,一般还需按正常使用极限状态的要求进行构件变形和裂缝宽度的验算。

2. 受弯构件的内力

(1) 弯矩和剪力

设一简支梁 AB 如图1.4a所示,现分析距支座 A 为 x 处的横截面 $m-m$ 上的内力。在求内力的 $m-m$ 处,用一假想与梁轴线垂直的平面将梁截为两段,取其中任意一段来研究,如图1.4b中的左段,左段上除作用有荷载和支座反力外,在截开的截面上还有右段梁对左段梁的作用力,这些力就是截面 $m-m$ 上的内力。由于梁原来是平衡的,截开后的每一段梁也应该保持平衡,所以截面 $m-m$ 上的内力可用平衡方程求得。因为,左段梁上的各外力在 y 轴上投影的代数和及各外力对截面形心之矩的代数和一般不为0,即左段梁上的外力一般不是平衡力系。所以左段梁要保持平衡,在 $m-m$ 截面上必然要产生一个与各外力的合力平行、指向相反的内力 V 和一个位于荷载平面内的内力偶矩 M 。内力 V 称为剪力,它实际上是梁横截面上切向分布内力的合力;内力偶矩 M 称为截面的弯矩,它实际上是梁横截面上法向分布内力组成的合力偶矩。求截面弯矩 M 、剪力 V 的基本方法为截面法。弯矩 M 、剪力 V 的正负规定如下:当截面上的剪力使所考虑的脱离体有顺时针方向转动趋势的为正,如图1.5a所示;反之为负,如图1.5b所示。当截面上的弯矩使所考虑的脱离体上部受压,下部受拉时为正,如图1.6a所示;反之为负,如图1.6b所示。

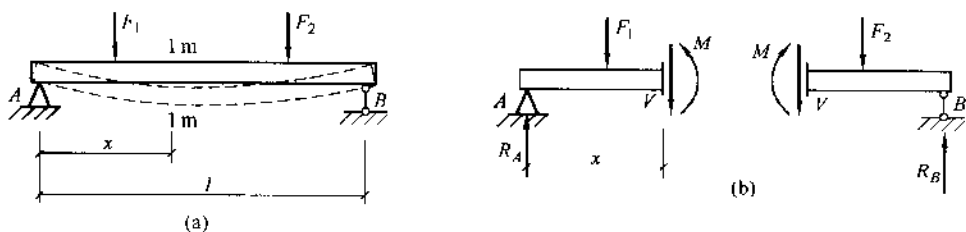


图 1.4 梁的剪力与弯矩

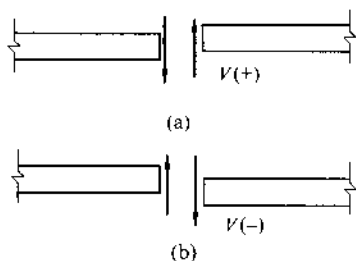


图 1.5 梁的剪力正负规定

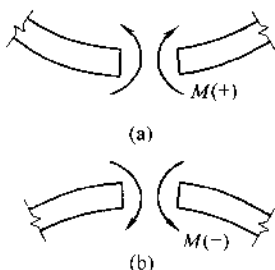


图 1.6 梁的弯矩正负规定

(2) 弯矩图和剪力图

在一般情况下,梁各个截面上的弯矩值和剪力值是不同的,它们随截面位置的不同而变化。由于在进行梁的强度计算时,需要知道梁在外力作用下所产生的最大内力及最大内力所在的截面位置,以及全段梁的内力随截面位置而变化的情况,通常内力沿梁全长的变化规律用图形来表示,这种表示弯矩、剪力变化规律的图形称为弯矩图和剪力图。在外力作用下,梁的内力图都是函数图形,若以横坐标 x 表示梁横截面的位置,则梁上各横截面的剪力、弯矩均可以表示为 x 的函数。即

$$V = V(x), \quad M = M(x)$$

以上两式分别称为梁的剪力方程和弯矩方程。在列方程时,首先应建立坐标 x ,一般以梁的左端为坐标原点。然后根据平衡条件列方程、作图。并规定:以平行于梁轴线的 x 轴为基线,作剪力图时,正剪力画在基线的上方,负剪力画在基线的下方;作弯矩图时,正弯矩画在基线的下方,负弯矩画在基线的上方,并在图中注明正负号。

[例 1.2] 图 1.7a 所示为一简支梁受均布荷载作用,试绘制该梁的剪力图和弯矩图。

[解] (1) 求支座反力

$$R_A = R_B = \frac{1}{2}ql(\uparrow)$$

(2) 列剪力和弯矩方程,取 A 点为坐标原点,距 A 点为 x 的任一截面的剪力方程和弯矩方程为

$$V(x) = R_A - qx = q\left(\frac{1}{2}l - x\right) \quad (0 \leq x \leq l) \quad (1-1)$$

$$M(x) = R_A x - qx \frac{x}{2} = \frac{1}{2}q(lx - x^2) \quad (0 \leq x \leq l) \quad (1-2)$$

(3) 绘制剪力图和弯矩图

由(1-1)式可知,剪力图为一直线,其表达式为

$$\text{当 } x=0 \text{ 时, } V_1 = R_1 = \frac{1}{2}ql$$

$$\text{当 } x=l \text{ 时, } V_2 = q\left(\frac{1}{2}l - l\right) = -\frac{1}{2}ql$$

剪力图如图 1.7b 所示,由图看出,梁两端的剪力最大,即

$$|V|_{\max} = \frac{1}{2}ql, \text{ 跨中剪力为 } 0。$$

由(1-2)式可知,弯矩图为一二次抛物线。

$$\text{当 } x=0 \text{ 时, } M(0) = M_A = 0$$

$$\text{当 } x = \frac{1}{4}l \text{ 时, } M\left(\frac{l}{4}\right) = \frac{1}{2}q\left[l \frac{l}{4} - \left(\frac{l}{4}\right)^2\right] = \frac{3}{32}ql^2$$

$$\text{当 } x = \frac{l}{2} \text{ 时, } M\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{1}{2}q\left[l \frac{l}{2} - \left(\frac{l}{2}\right)^2\right] = \frac{1}{8}ql^2$$

$$\text{当 } x = \frac{3}{4}l \text{ 时, } M\left(\frac{3l}{4}\right) = \frac{1}{2}q\left[l \frac{3l}{4} - \left(\frac{3l}{4}\right)^2\right] = \frac{3}{32}ql^2$$

$$\text{当 } x=l \text{ 时, } M(l) = \frac{1}{2}q(l \times l - l^2) = 0$$

弯矩图如图 1.7c 所示,由图看出,梁的两端弯矩等于 0,跨中弯矩最大,即 $|M|_{\max} = \frac{1}{8}ql^2$,但此处剪力等于 0。

3. 受弯构件配筋构造要求

受弯构件除了要进行上述两类计算和验算外还必须采取一系列的构造措施,才能保证构件的各个部位都具有足够的抗力,才能使构件具有必要的适用性和耐久性。所谓构造措施是指那些在结构计算中未能详细考虑或很难定量计算而忽略了其影响的因素,但在保证构件安全、施工简便及经济合理等前提下应采取的技术补救措施。在结构设计中必须重视构造措施。

(1) 板

因板所受到的剪力较小,截面又相对较大,在荷载作用下通常不会出现斜裂缝,所以不需箍筋来抗剪,故单向板内一般布置两种钢筋:受力钢筋和分布钢筋。受力钢筋沿着板的跨度方向布置在板的受拉区,分布钢筋垂直于受力钢筋布置在受力钢筋的内侧,如图 1.8a 所示。

对嵌固在砖墙内的现浇板,应沿嵌固边在板的上部配置构造钢筋,如图 1.8b 所示。钢筋间距不宜大于 200 mm,直径不宜小于 8 mm,其伸出墙边的长度不应小于 $l_1/7$, l_1 为板的短跨跨度;对两边均嵌固在墙内的板角部分,应双向布置上部构造钢筋,其伸出墙边的长度不应小于 $l_1/4$;沿受力方向配置的上部构造钢筋的截面面积不宜小于该方向跨中受力钢筋截面面积的 1/3。

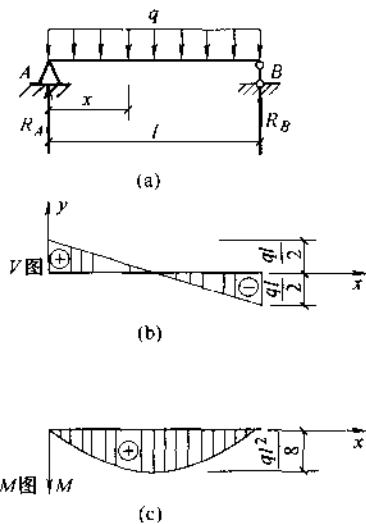


图 1.7