

21世纪土木工程类专业丛书

Jiegou Gouzao Yuanli
Yu Sheji

结构构造原理 与设计

(第二版)

熊丹安 主编



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

21 世纪土木工程类专业丛书

结构构造原理与设计

(第二版)

熊丹安 主编

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内容提要】

本书是为土木工程专业高年级学生编写的一本专业参考书,可作为其选修课教材和毕业设计的指导教材。对土木工程技术从事设计、施工、监理等工作,具有很好的参考价值。

本书以最新颁行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)及相关最新规范为依据,系统地阐明了钢筋混凝土结构构件的构造要求及其连接构造,详细地介绍了多层砌体结构、现浇钢筋混凝土框架结构、剪力墙(抗震墙)结构的抗震构造,还对结构型式的选择、结构加固的一般构造知识进行了介绍,对梁、柱、剪力墙等采用的平面整体设计方计(平法)作了介绍。最后,对毕业设计中的最常遇到的框架结构设计全过程通过例题作了详细讲解,具有很强的可操作性。

图书在版编目(CIP)数据

结构构造原理与设计(第二版)/熊丹安主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003. 10
ISBN 7-5629-2018-4

I. 结… II. 熊… III. ①土木工程-建筑结构-理论-高等学校-教学参考资料②土木工程-建筑结构-结构设计-高等学校-教学参考资料 IV. TU3

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌区珞珈山) 邮政编码:430070

经销者:各地新华书店

印刷者:武汉理工大印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:18.25

字数:456千字

版次:2003年10月第二版

印次:2003年10月第2次印刷

书号:ISBN 7-5629-2018-4/TU·227

印数:1~3000册

定价:26.00元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换。)

第二版前言

房屋建筑的结构构造设计,是与结构计算同等重要的设计内容。只精于计算而不善于构造处理的工程师,不能算是一名好的工程师;而施工中对结构构造的熟悉和掌握,也是正确领会设计意图、全面了解施工图纸的非常重要的环节。

作为土木工程专业的学生,毕业后将面临土木工程结构的设计、施工、管理等诸多方面课题。因此,对于结构型式和结构材料的选择、对常用的钢筋混凝土结构构件及砌体结构的构造有较系统和较全面的掌握和理解,不仅是学好专业课程、作好相关课程设计和毕业设计的基础,也是走出校门后能否顺利适应工作环境的关键之一。但是由于种种原因,在校学生和刚刚步入社会的工程技术人员,往往在构造处理上存在较多问题。例如,他们会按公式计算钢筋面积,但却不能正确地转化为实际的配筋,对一般的构造原理与构造细节知之甚少。为此,本书作者从上世纪90年代开始,就为在校高年级建筑工程专业学生开设了有关结构构造原理与设计的选修课,选修率达90%以上,受到普遍欢迎。该课程的开设,在全国也是首次。

本书在讲义的基础上经反复修改后曾按89规范的内容出版,已经过去了8年。根据教学实践经验,尤其是适应新规范已经使用的现实,又在内容上作了大量调整、修改和充实,并引进了混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则的部分内容进行介绍,便于土木工程专业学生(本科、高等专科等)的学习和应用,并可供土木工程技术人员设计和施工参考。

本书第二版由熊丹安教授主编,并编写其中第1、3、4、5、10、11、13、14章,由熊海滢工程师编写第2、6、7、8、9、12章,全书由熊丹安修改定稿。在本书的撰写、修改和编辑出版的过程中,作者得到多方面的支持帮助,谨致谢意。期盼本书的出版使读者获益;书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年8月

目 录

第一篇 结构构造概论

1 一般构造要求	(1)
1.1 结构构件的材料选择	(1)
1.2 钢筋的锚固、连接和截断	(6)
1.3 纵向受力钢筋的配筋率	(11)
1.4 混凝土保护层	(13)
1.5 伸缩缝的设置	(14)
2 结构型式的选择	(16)
2.1 结构荷载及其传递特点	(16)
2.2 结构型式选择	(19)

第二篇 钢筋混凝土结构构件构造

3 受弯构件	(27)
3.1 一般受弯构件计算公式回顾	(27)
3.2 钢筋混凝土梁	(29)
3.3 钢筋混凝土板	(41)
3.4 钢筋混凝土楼梯	(51)
3.5 深受弯构件	(59)
3.6 混凝土叠合式受弯构件	(64)
4 钢筋混凝土柱	(65)
4.1 柱配筋计算公式的回顾	(65)
4.2 柱的截面尺寸和柱的计算长度	(67)
4.3 柱的配筋和钢筋连接构造	(70)
4.4 非抗震设计时的梁柱节点	(76)
4.5 柱平法施工图	(79)
5 现浇连续梁板的构造与设计	(83)
5.1 现浇连续板	(83)
5.2 连续梁的构造	(89)
5.3 梁平法施工图	(93)

第三篇 基础构造概要

6 设计的一般规定及砌体结构基础	(98)
6.1 基本规定	(98)

6.2	岩土工程勘探	(100)
6.3	地基计算	(101)
6.4	无筋扩展基础	(103)
6.5	墙下条形基础的构造	(105)
7	钢筋混凝土结构的基础	(108)
7.1	一般规定	(108)
7.2	柱下独立基础	(108)
7.3	柱下条形基础	(114)
7.4	筏板基础	(117)

第四篇 建筑结构的抗震构造与设计

8	抗震设计的基本要求	(120)
8.1	抗震设防类别和设防标准	(120)
8.2	建筑抗震概念设计	(121)
8.3	水平地震作用的计算	(124)
8.4	结构的自振周期	(127)
8.5	结构的抗震验算	(129)
9	多层砌体结构房屋的抗震构造与设计	(131)
9.1	一般规定	(131)
9.2	多层粘土砖房的抗震构造措施	(132)
9.3	多层砌体房屋抗震计算要点	(137)
9.4	墙、柱高厚比验算及一般构造要求	(137)
9.5	配筋砖砌体构件构造	(140)
10	框架和剪力墙结构的抗震构造	(143)
10.1	结构的抗震等级和一般构造规定	(143)
10.2	框架梁的抗震构造	(146)
10.3	框架柱与框支柱	(150)
10.4	剪力墙结构	(161)

第五篇 构件连接和结构加固

11	结构构件连接	(172)
11.1	装配式钢筋混凝土楼(屋)盖	(172)
11.2	预埋件和吊环	(179)
11.3	预制构件的连接接头	(183)
11.4	整浇构件的一般连接构造	(184)
12	结构加固的一般构造处理	(188)
12.1	地基和基础的加固	(188)
12.2	砌体结构上的裂缝及处理	(193)
12.3	钢筋混凝土结构的裂缝修理	(195)

12.4	结构补强的一般知识.....	(199)
------	----------------	-------

第六篇 钢筋混凝土框架结构设计(毕业设计示例和说明)

13	设计任务书和设计说明.....	(208)
13.1	设计任务书.....	(208)
13.2	设计说明.....	(212)
14	结构设计.....	(214)
14.1	构件截面尺寸选择和荷载计算.....	(214)
14.2	楼面板及井式梁设计.....	(220)
14.3	竖向荷载作用下的框架内力计算.....	(222)
14.4	风荷载和水平地震作用下的框架计算.....	(231)
14.5	框架的荷载效应组合.....	(238)
14.6	框架的配筋计算.....	(242)
14.7	基础设计.....	(247)
14.8	结构施工图.....	(249)
	附录.....	(254)
	参考文献.....	(284)

第一篇 结构构造概论

结构和结构构件的设计,包括计算和构造两个方面的内容。结构构造是结构的细部表达,是将设计计算具体化为施工图的手段。本篇对不同结构构件的共同构造要求、结构选型的要点加以阐述。

1 一般构造要求

本章对涉及结构构件的共同构造要求,包括结构材料的选择、钢筋的锚固和连接、混凝土保护层厚度、钢筋的配筋率和最小配筋率、伸缩缝间距等进行介绍。它们是结构构造设计中需要满足的基本构造。

1.1 结构构件的材料选择

1.1.1 钢筋

钢筋是混凝土结构构件中的基本材料之一,钢筋具有良好抗拉性能和抗压性能。钢筋可分为有明显屈服点的钢筋和无明显屈服点的钢筋。

钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构中的钢筋,分为普通钢筋和预应力钢筋。其中普通钢筋是指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。

1.1.1.1 普通钢筋

普通钢筋宜采用有明显屈服点的钢筋。这类钢筋强度较低而塑性变形能力好,它们都是热轧钢筋。对于钢筋混凝土构件,其主要受力钢筋宜采用HRB400级和HRB335级钢筋,也可采用HPB235级和RRB400级钢筋。上述钢筋级别中的数字(400、335、235)是相应钢筋的强度标准值,是根据屈服强度确定的,用 f_{yk} 表示,具有不小于95%的保证率。其中,HPB235级钢筋是光面钢筋,是指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013中的Q235钢筋。HRB400级和HRB335级钢筋是指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499中的HRB400级和HRB335级钢筋,RRB400级钢筋则是指现行国家标准《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014中的KL400钢筋,它们都是带肋钢筋。

普通钢筋的强度标准值和强度设计值见表1.1。

普通钢筋的强度标准值和强度设计值(N/mm²)

表 1.1

热轧钢筋种类	符号	直径 (mm)	强度标准值 f_{yk}	抗拉强度设计值 f_y	抗压强度设计值 f_y'
HPB235(Q235)	Φ	8~20	235	210	210
HRB335(20MnSi)	Φ	6~50	335	300	300
HRB400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	Φ	6~50	400	360	360
RRB400(K20MnSi)	Φ^R	8~40	400	360	360

1.1.1.2 预应力钢筋

预应力钢筋必须采用高强度钢筋,如预应力钢绞线、钢丝,也可采用热处理钢筋。它们都属于无明显屈服点的钢筋,其强度标准值是根据极限抗拉强度确定,用 f_{ptk} 表示。预应力钢筋的强度标准值见表1.2。

预应力钢筋强度标准值(N/mm²)

表 1.2

钢 筋 种 类	钢 绞 线				消除应力钢丝				热处理钢筋		
	1×3		1×7		光面 螺旋肋		刻痕	40Si2Mn	48Si2Mn	45Si2Cr	
符 号	Φ ^S				Φ ^P	Φ ^H	Φ ^I	Φ ^{HT}			
d(mm)	8.6、10.8	12.9	9.5、11.1、12.7	15.2	4、5	6	7、8、9	5、7	6	8.2	10
f _{ptk}	1860	1720	1860	1860	1770	1670	1570	1570	1470		
	1720	1570			1670						
	1570			1720	1570						

注:1. 钢绞线直径指钢绞线外接圆直径,其余指公称直径;

2. 消除应力钢丝中光面钢丝直径为4~9mm,螺旋肋为4~8mm。

预应力钢筋的强度设计值见表1.3。

预应力钢筋强度设计值(N/mm²)

表 1.3

钢 筋 种 类	钢 绞 线					消除应力钢丝				热处理钢筋		
	1×3			1×7		光面 螺旋肋			刻痕	40Si2Mn	48Si2Mn	45Si2Cr
符 号	φ ^S					φ ^P φ ^H			φ ^I	φ ^{HT}		
f _{prk}	1860	1720	1570	1860	1720	1770	1670	1570	1570	1470		
f _{py}	1320	1220	1110	1320	1220	1250	1180	1110	1110	1040		
f _{py}	390					410				400		

近年来,由于强度高、性能好的预应力钢筋已可充分供应,故冷拔低碳钢丝和冷拉钢筋已不再列入《混凝土结构设计规范》,但并非不允许使用这些钢筋,而是应符合有关规程或规定。

1.1.1.3 钢筋的选择

在选择钢筋时,应注意如下事项:

(1)构件中配有不同种类钢筋时,每种钢筋应采用各自强度的设计值。

(2)对钢筋混凝土梁、柱等主要结构构件的纵向受力钢筋,提倡采用HRB400级钢筋(也称

为新Ⅲ级),也可采用HRB335级钢筋或HPB235级钢筋;构造钢筋及箍筋可采用HPB235级钢筋及HRB335级钢筋。

(3)对钢筋混凝土板、墙等构件的受力钢筋,可采用HPB235级或HRB335级钢筋,构造钢筋采用HPB235级钢筋。

(4)钢筋混凝土基础的底板配筋选择参见(3),地基梁的配筋选择参见(2)。

(5)在钢筋混凝土结构中,轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm^2 时,仍按 300N/mm^2 取用。

(6)砌体结构中的砌体内钢筋,一般采用HPB235级钢筋。

1.1.2 混凝土

1.1.2.1 混凝土的强度和弹性模量

混凝土具有良好的抗压性能,但抗拉性能很差(其极限拉应变大约为极限压应变的 $1/20$,抗拉强度约为抗压强度的 $1/10$)。

混凝土强度等级是按立方体抗压强度标准值确定的。立方体抗压强度标准值是指按照标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

不同混凝土强度等级的强度标准值、强度设计值以及混凝土的弹性模量分别见表1.4、表1.5和表1.6。

混凝土强度标准值(N/mm^2)

表 1.4

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压 f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
轴心抗拉 f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

混凝土强度设计值(N/mm^2)

表 1.5

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压 f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
轴心抗拉 f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

混凝土弹性模量($\times 10^4\text{N/mm}^2$)

表 1.6

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80

1.1.2.2 混凝土的耐久性规定

混凝土结构的耐久性应根据设计使用年限(50年或100年)及环境类别进行设计。混凝土的环境类别分为五类,详见表1.7。设计时应注意区分结构不同部分所处的环境条件。

混凝土结构的环境类别

表 1.7

环境类别	条 件
一	室内正常环境
二	a 室内潮湿环境、非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
	b 严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三	使用除冰盐的环境、严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境、滨海室外环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注：严寒和寒冷地区的定义，《民用建筑热工设计规范》JGJ 24—86 规定如下：严寒地区是指累年最冷月平均温度低于或等于 -10°C 的地区；寒冷地区是指累年最冷月平均温度高于 -10°C 、低于或等于 0°C 的地区。累年系指近期 30 年，不足 30 年的取实际年数，但不得少于 10 年。

对设计使用年限为 50 年，处于一类、二类和三类环境中的结构混凝土，应满足耐久性的基本要求，详见表 1.8。其中，限制氯离子含量是为了避免钢筋电化学腐蚀，限制最大碱含量是为了减轻碱-骨料反应的影响（当骨料中含有结晶度差的石英质或某种结构的镁质碳酸钙时，将与混凝土中被水泥、外加剂、水和骨料带进来的碱反应，逐渐生成膨胀性产物，严重者造成建筑物破坏甚至崩塌）。

结构混凝土耐久性的基本要求

表 1.8

环境类别		最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m³)	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 (kg/m³)
一		0.65	225	C20	1.0	不限制
二	a	0.60	250	C25	0.3	3.0
	b	0.55	275	C30	0.2	3.0
三		0.50	300	C30	0.1	3.0

注：1. 本表适用于设计使用年限为 50 年的结构混凝土。对一类环境中使用年限为 100 年的结构混凝土，应符合如下规定：①钢筋混凝土结构的混凝土强度等级最低为 C30（预应力混凝土为 C40）；②混凝土中最大氯离子含量为 0.06%；③混凝土中最大碱含量为 $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ ；④保护层厚度应相应增加 40%；⑤使用过程中应定期维护；

2. 氯离子含量是指占水泥用量的百分率，预应力混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%，最小水泥用量为 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，最低混凝土强度等级应按表中提高两个等级；

3. 使用非碱活性骨料时，对混凝土中的碱含量可不作限制；

4. 三类环境中的结构构件，受力钢筋宜采用环氧树脂涂层带肋钢筋；

5. 二、三类环境中设计使用年限为 100 年的结构混凝土及四、五类环境中的结构混凝土应按专门规定；

6. 严寒及寒冷地区的潮湿环境中的结构混凝土应满足抗冻等级的要求，有抗渗要求的混凝土应满足抗渗等级的要求；

7. 临时性混凝土结构可不考虑混凝土耐久性要求。

1.1.2.3 混凝土强度等级的选用

(1) 一般构件

钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15，根据混凝土耐久性的基本要求，不宜低于 C20。

当采用 HRB335 级钢筋时，混凝土强度等级不宜低于 C20；当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件，混凝土强度等级不得低于 C20。

(2) 预应力混凝土结构构件

预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于C30;当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于C40。

(3)有抗震设防要求时

有抗震设防要求混凝土结构的混凝土强度等级应符合下列规定:

①设防烈度为9度时的混凝土强度等级不宜超过C60,设防烈度为8度时的混凝土强度等级不宜超过C70;

②抗震等级为一级的框架梁、柱、节点,混凝土强度等级不应低于C30;

③框支柱、框支梁的混凝土强度等级不应低于C30;

④其他各类结构构件的混凝土强度等级不应低于C20。

1.1.3 砌体材料

砌体材料包括块体和砂浆。通过砌筑,砂浆将块体粘结成受力的整体。

1.1.3.1 材料的强度等级

(1)块体

块体可分为四类,即烧结砖(烧结普通砖和烧结多孔砖)、蒸压砖(蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖)、砌块(单排孔混凝土砌块和轻骨料混凝土砌块)、石材(毛料石和毛石)。其强度等级用 $MU \times \times$ 表示。烧结砖的强度等级为 $MU10$ 、 $MU15$ 、 $MU20$ 、 $MU25$ 、 $MU30$;灰砂砖的强度等级为 $MU10$ 、 $MU15$ 、 $MU20$ 、 $MU25$;砌块的强度等级为 $MU5$ 、 $MU7.5$ 、 $MU10$ 、 $MU15$ 、 $MU20$;石材的强度等级为 $MU20$ 、 $MU30$ 、 $MU40$ 、 $MU50$ 、 $MU60$ 、 $MU80$ 、 $MU100$ 。

(2)砂浆

砂浆分为水泥砂浆和混合砂浆,其强度等级为 $M2.5$ 、 $M5$ 、 $M7.5$ 、 $M10$ 、 $M15$ 。

(3)砌体强度设计值

根据块体和砂浆的强度等级,常用砖砌体的抗压强度设计值见表1.9(其他强度值参见规范)。

砖砌体的抗压强度设计值 $f(N/mm^2)$

表 1.9

块体类别	烧结普通砖和烧结多孔砖					蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖			
强度等级	$MU30$	$MU25$	$MU20$	$MU15$	$MU10$	$MU25$	$MU20$	$MU15$	$MU10$
$M15$	3.94	3.60	3.22	2.79	—	3.60	3.22	2.79	—
$M10$	3.27	2.98	2.67	2.31	1.89	2.98	2.67	2.31	1.89
$M7.5$	2.93	2.68	2.39	2.07	1.69	2.68	2.39	2.07	1.69
$M5$	2.59	2.37	2.12	1.83	1.50	2.37	2.12	1.83	1.50
$M2.5$	2.26	2.06	1.84	1.60	1.30				
砂浆强度0	1.15	1.05	0.94	0.82	0.67	1.05	0.94	0.82	0.67

注:1. 砂浆强度为0的砌体强度指标用于施工阶段砂浆尚未硬化的新砌砌体的强度和稳定性验算;

2. 当采用水泥砂浆砌筑时,表中数值应乘以调整系数 γ_a ,此处 $\gamma_a=0.9$ 。

1.1.3.2 材料选用

(1)最低要求

对五层及五层以上房屋的墙,以及层高大于6m或受振动的墙、柱,块体的强度等级不应

低于MU10(砖)、MU7.5(砌块)、MU30(石材);砂浆不应低于M5;

对安全等级为一级或设计使用年限大于50年的房屋的墙、柱,其材料的最低强度等级应至少再提高一级。

(2)特殊要求

地面以下或防潮层以下的砌体,以及潮湿房间的墙,所用材料的最低强度等级应符合表1.10的要求。

潮湿部位砌体材料的最低强度等级

表 1.10

基土的潮湿程度	烧结普通砖、蒸压灰砂砖		混凝土砌块	石 材	水泥砂浆
	严寒地区	一般地区			
稍潮湿的	MU10	MU10	MU7.5	MU30	M5
很潮湿的	MU15	MU10	MU7.5	MU30	M7.5
含水饱和的	MU20	MU15	MU10	MU40	M10

注:1. 在冻胀地区,地面以下或防潮层以下的砌体不宜采用多孔砖,如采用时,其孔洞应用水泥砂浆灌实。当采用混凝土砌块砌体时,其孔洞应采用强度等级不低于C20的混凝土灌实;

2. 对安全等级为一级或设计使用年限大于50年的房屋,表中材料强度等级应至少提高一级。

1.2 钢筋的锚固、连接和截断

钢筋和混凝土共同工作的基础是它们之间存在粘结力。钢筋和混凝土的粘结性能,是影响构件承载力和正常使用的重要因素。当发生粘结破坏时,钢筋和混凝土就不可能共同工作并产生严重后果,如钢筋从支座混凝土中被拔出,构件表面沿钢筋长度方向产生严重的针脚状劈裂裂缝等(图1.1)。

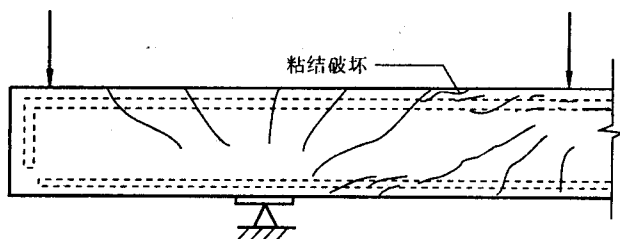


图1.1 粘结破坏

为了保证钢筋和混凝土之间有足够的粘结力,必须采取适当的构造措施。如:钢筋伸入支座混凝土中应有足够的锚固长度;钢筋与钢筋搭接时,应有一定的搭接长度;钢筋截断时,应在理论截断点之外有一定的延伸长度后才可截断。

1.2.1 钢筋的锚固长度

1.2.1.1 纵向受拉钢筋的锚固长度

当计算中充分利用纵向受拉钢筋的强度时,其锚固长度不应小于纵向受拉钢筋的最小锚固长度 l_a 。例如:悬臂梁的上部纵向受拉钢筋伸入支座内的长度;受水平力作用的框架中间节点处梁下部

纵向钢筋在正弯矩作用下需要充分利用其抗拉强度时,钢筋伸入节点的锚固长度(图 1.2)。

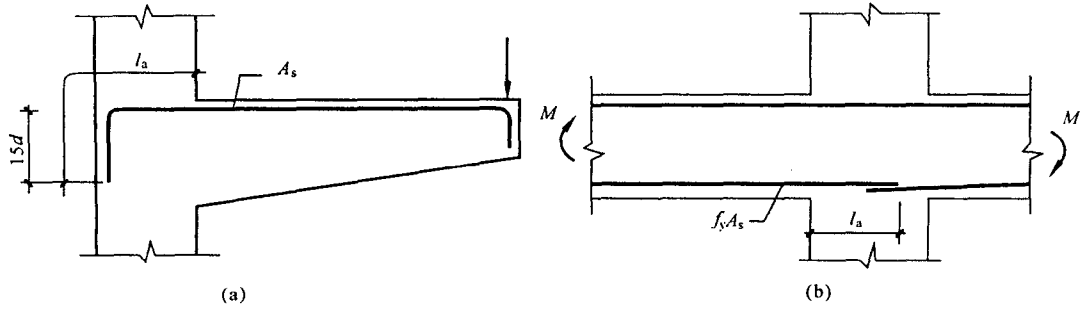


图 1.2 纵向受拉钢筋的锚固

(a)悬臂梁;(b)框架中间节点

对于普通钢筋,受拉钢筋的锚固长度按式(1.1)计算,也可直接按表 1.11 取值。

普通钢筋的受拉锚固长度 l_a

表 1.11

钢筋种类	混凝土强度等级					
	C15	C20	C25	C30	C35	$\geq C40$
HPB235	$37.0d$	$30.5d$	$26.5d$	$23.5d$	$21.5d$	$20.0d$
HRB335	—	$38.5d$	$33.5d$	$29.5d$	$27.0d$	$25.0d$
HRB400 或 RRB400	—	$46.0d$	$40.0d$	$35.5d$	$32.5d$	$29.5d$

注:1. 本表数据按《混凝土结构设计规范》中公式(1.1)计算并按 0.5d 倍数取值;

2. HPB235 级钢筋是光面钢筋,其末端应做 180°弯钩,弯后平直长度不应小于 3d,但作受压钢筋时可不作弯钩(图 1.3);表中其他钢筋都是带肋钢筋;

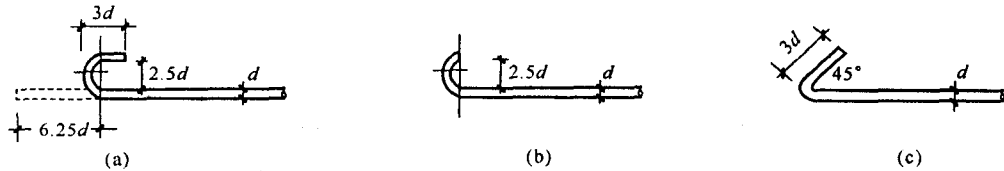


图 1.3 光面钢筋的弯钩形式

(a)手工弯标准弯钩;(b)机器弯标准弯钩;(c)直径 $d < 10\text{mm}$ 时的斜钩

3. 对于 HRB335、HRB400 及 RRB400 级钢筋:①当其直径大于 25mm 时,锚固长度应乘以修正系数 1.1;②其环氧树脂涂层钢筋,锚固长度应乘以修正系数 1.25;③当其在锚固区的混凝土保护层厚度大于钢筋直径的 3 倍且配有箍筋时,其锚固长度可乘以修正系数 0.8;④当末端采用机械锚固措施时,包括附加锚固端头在内的锚固长度可取为表中数值的 0.7 倍;

4. 当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动(如滑模施工)时,其锚固长度应乘以修正系数 1.1。

$$l_a = \alpha f_y d / f_t \quad (1.1)$$

式中 f_y ——钢筋的抗拉强度设计值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值,当混凝土强度等级高于 C40 时,按 C40 取值;

d ——钢筋的公称直径;

α ——钢筋的外形系数,光面钢筋取 0.16,带肋钢筋取 0.14。

对于预应力钢筋,受拉钢筋锚固长度 l_a 的计算公式同式(1.1),但 f_y 用 f_{py} 代替(f_{py} 为预应力钢筋的抗拉强度设计值),钢筋的外形系数分别取为0.19(刻痕钢丝)、0.13(螺旋肋钢丝)、0.16(三股钢绞线)、0.17(七股钢绞线)。当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时,先张法预应力钢筋的锚固长度应从距构件末端 $0.25l_{tr}$ 处开始计算(l_{tr} 为预应力传递长度)。

除构造需要的锚固长度外,当纵向受力钢筋的实际配筋面积大于其设计计算面积时,如有充分依据和可靠措施,其锚固长度可乘以设计计算面积与实际配筋面积的比值(但对有抗震设计要求及直接承受动力荷载的结构构件,不得采用此项修正)。

当纵向受拉钢筋末端采用机械锚固措施时,包括附加锚固端头在内的锚固长度可取为计算锚固长度的0.7倍。机械锚固的形式及构造要求按图1.4采用。锚固长度范围内的箍筋不应少于3个,该箍筋直径不应小于 $d/4$ 、间距不应大于 $5d$ (d 均为纵向钢筋直径);但当纵向钢筋的混凝土保护层厚度不小于钢筋直径5倍时,可不配置上述箍筋。

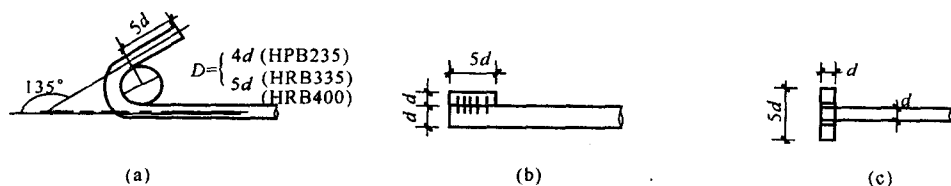


图1.4 钢筋的机械锚固

(a)末端带135°弯钩;(b)末端与钢板穿孔塞焊;(c)末端与短钢筋双面贴焊

1.2.1.2 纵向受压钢筋的锚固长度

当计算中充分利用纵向受压钢筋的抗压强度时,其锚固长度不应小于 $0.7l_a$, l_a 为纵向受拉钢筋的锚固长度(图1.5)。

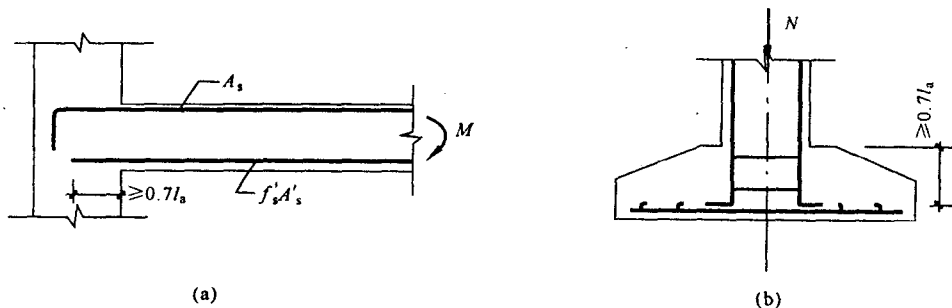


图1.5 受压钢筋的锚固

(a)双筋截面梁;(b)轴心受压柱

1.2.1.3 下部纵向钢筋在支座内的锚固

(1)简支梁和连续梁简支端

下部纵向受力钢筋伸入梁支座范围内的锚固长度 l_{as} 与支座处剪力设计值 V 有关。

当 $V \leq 0.7f_t b h_0$ 时: $l_{as} \geq 5d$

当 $V > 0.7f_t b h_0$ 时: $l_{as} \geq 12d$ (带肋钢筋)或 $l_{as} \geq 15d$ (光面钢筋)

式中 d ——纵向受力钢筋直径。

当纵向受力钢筋伸入梁支座范围内的锚固长度不符合上述要求时,应采取在钢筋上加焊锚固钢板或将钢筋端部焊接在梁端预埋件上等有效锚固措施。

对支承在砌体结构上的钢筋混凝土独立梁,在纵向受力钢筋的锚固长度 l_{aE} 范围内应至少配置两个箍筋,其直径不小于 $d/4$ 、间距不大于 $10d$;当采用机械锚固措施时,箍筋间距尚不宜大于 $5d$; d 为纵向受力钢筋的直径。

(2) 连续梁中间支座

连续梁中间支座处的上部纵向受力钢筋应连续穿过支座,不得在支座处断开。

连续梁下部纵向钢筋在中间支座处的锚固视纵向钢筋的受力情形而定:当不利用钢筋的强度时,钢筋伸入支座内的长度取 $l_{aE} \geq 12d$ (带肋钢筋)或 $l_{aE} \geq 15d$ (光面钢筋);当利用钢筋的受压强度时(如支座处按双筋截面计算),钢筋伸入支座内的锚固长度取受压钢筋的锚固长度。

1.2.2 钢筋的连接

1.2.2.1 连接方式

钢筋的连接可分为两类:绑扎搭接、机械连接或焊接。机械连接接头和焊接接头的类型及质量应符合国家现行有关标准的规定。

受力钢筋的接头宜设置在受力较小处,同一根钢筋上宜少设接头。

轴心受拉构件及小偏心受拉构件(例如桁架和拱的拉杆)的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接接头。

当受拉钢筋的直径 $d > 28\text{mm}$ 及受压钢筋的直径 $d > 32\text{mm}$ 时,不宜采用绑扎搭接接头。

需要进行疲劳验算的构件,其纵向受拉钢筋不得采用绑扎搭接接头,也不宜采用焊接接头,并严禁在钢筋上焊有任何附件(端部锚固除外)。

1.2.2.2 绑扎搭接接头

(1) 搭接长度 l_l

纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度取纵向受拉钢筋的锚固长度 l_a 乘以搭接长度修正系数。修正系数与纵向钢筋搭接接头面积百分率有关,详见表1.12。在任何情况下,纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度不应小于300mm。

纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

表 1.12

纵向钢筋搭接接头面积百分率(%)	≤ 25	50	100
修正系数	1.2	1.4	1.6

(2) 连接区段及受拉钢筋搭接接头面积百分率

钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 $1.3l_l$,凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段(图1.6)。

位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率为:梁类、板类及墙类构件,不宜大于25%;柱类构件不宜大于50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋搭接接头面积时,梁类构件不应大于50%,板类、墙类及柱类构件可按实际情况放宽。

(3) 受压钢筋的搭接连接

构件中的纵向受压钢筋采用绑扎搭接连接时,其受压搭接长度不应小于 $0.7l_l$,且在任何

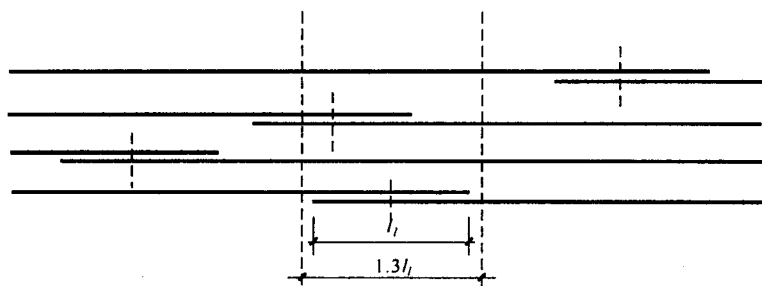


图 1.6 同一连接区段内的纵向受拉钢筋绑扎搭接接头

注:图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根,当钢筋直径相同时,
钢筋搭接接头面积百分率为50%。

情况下不应小于200mm。

(4) 搭接长度范围内的箍筋

在纵向受力钢筋的搭接长度范围内必须配置箍筋。箍筋的直径不应小于搭接钢筋较大直径的1/4。钢筋受拉时,箍筋间距不应大于100mm,且不应大于搭接钢筋较小直径的5倍;钢筋受压时,箍筋间距不应大于200mm,且不应大于搭接钢筋较小直径的10倍。当受压钢筋的直径 $d > 25\text{mm}$ 时,尚应在搭接接头两个端面外100mm范围内各设置两个箍筋。

1.2.2.3 机械连接接头

钢筋机械连接接头连接区段的长度为 $35d$, d 为纵向受力钢筋的较大直径。凡接头中点位于该连接区段内的机械连接接头均属于同一连接区段。

当在受力较大处设置机械连接接头时,位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于50%;纵向受压钢筋的接头面积可不受限制。但直接承受动力荷载的结构构件中的机械连接接头,除满足设计要求的抗疲劳性能外,同一连接区段的纵向受力钢筋接头面积百分率不应大于50%。

机械连接接头连接件的混凝土保护层厚度宜满足纵向受力钢筋的最小保护层厚度要求,连接件之间的横向净间距不宜小于25mm。

1.2.2.4 焊接接头

钢筋焊接接头连接区段的长度为 $35d$ (d 为纵向受力钢筋的较大直径)和500mm的较大值,凡接头中点位于该连接区段长度内的焊接接头均属于同一连接区段。

焊接接头应相互错开。位于同一连接区段内的纵向受力钢筋的焊接接头面积百分率为:对纵向受拉钢筋接头不应大于50%;对纵向受压钢筋可不受限制。对承受均布荷载的屋面板、楼板、檩条等简支受弯构件,如在受拉区配置的纵向受力钢筋少于3根时,可在跨度两端各四分之一跨度范围内设置一个焊接接头。

对直接承受吊车荷载的钢筋混凝土吊车梁、屋面梁及屋架下弦的纵向受拉钢筋,当必须采用焊接接头时,应符合下列规定:

①必须采用闪光接触对焊并去掉接头的毛刺及卷边;

②同一连接区段内的纵向受拉钢筋焊接接头面积百分率不应大于25%,此时焊接接头连接区段的长度应采用 $45d$ (d 为纵向受力钢筋的较大直径);