



“十二五”江苏省高等学校重点教材

混凝土结构与 砌体结构

(第4版)

主 编 蓝宗建

副主编 梁书亭 钱声源

东南大学出版社

“十二五”江苏省高等学校重点教材

混凝土结构与砌体结构

(第4版)

主 编 蓝宗建

副主编 梁书亭 钱声源

东南大学出版社

• 南京 •

内 容 简 介

本书是根据建筑工程专业和工业与民用建筑专业(本专科)的教学要求和培养应用型高级技术人才的需要,并根据国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010—2010)和《砌体结构设计规范》(GB50003—2011)等有关规范、规程编写的。

本书共分为三篇,包括混凝土(钢筋混凝土和预应力混凝土)基本构件、混凝土结构(楼盖、单层厂房和多层房屋)设计和砌体结构。全书在讲清物理概念和计算原理的基础上,介绍了工程设计中实用的计算方法并列举了适量的实例,每章附有思考题和习题。

本书可作为建筑工程专业和工业与民用建筑专业的本科、大专的教学用书,也可供土木设计和施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构 / 蓝宗建主编. —4 版

南京:东南大学出版社,2016.3

ISBN 978—7—5641—5684—8

I. 混… II. ①蓝… III. ①混凝土结构—
高等学校—教材 ②砌体结构 IV. ①TU37 ②TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 013120 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:江建中

江苏省新华书店经销 大丰市科星印刷有限责任公司印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:37.25 字数:930 千字

2003 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 2 版

2012 年 8 月第 3 版 2016 年 3 月第 4 版 第 11 次印刷

ISBN 978—7—5641—5684—8

印数:21001~25000

定价:66.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向读者服务部调换。电话:025—83792328)

第 4 版 前 言

《混凝土结构与砌体结构》(第 4 版)是根据中华人民共和国建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布的《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《建筑结构抗震设计规范》GB 50011—2010、《砌体结构设计规范》GB 50003—2011 及其他有关规范和规程编写的。

为了更好地适应我国高等教育事业的发展,也为了更好地结合我国土木工程建设,尤其是城市和住房建设的实际,本书(第 4 版)更加突出了应用型本科教育的特点,紧密结合我国工程设计和施工的实践及其新进展,对有关的内容,尤其是工程设计实例进行了较多的修改。

本版继承了前 3 版的优点,力求文字简练,深入浅出,使读者既能深入、系统地理解构件和结构的受力性能和破坏机理,又能正确地、灵活地掌握构件和结构的设计方法。

本书可作为土木工程专业及相关专业应用型本科的教学用书,也可供土木工程技术人员参考、阅读。

本书编写分工如下:1~3 章由蓝宗建执笔;4~6 章由蓝宗建、郭恒宁执笔;7~9 章由蓝宗建、钱声源执笔;10~13 章由蓝宗建、吴建霞执笔;14 章由蓝宗建、杨国平、钱声源、钟定兰执笔;15 章由梁书亭、蓝宗建、任翠玲、钱声源执笔;16~20 章由蓝宗建、张会、钱声源执笔。本书由蓝宗建担任主编,梁书亭、钱声源担任副主编。

由于作者水平所限,书中有不妥或疏忽之处,敬请读者指正。

蓝宗建

2015 年 11 月

目 录

第一篇 混凝土结构基本构件

1 绪论	(3)
1.1 钢筋混凝土的一般概念	(3)
1.2 混凝土结构的发展简况	(5)
2 钢筋混凝土材料的物理和力学性能	(8)
2.1 混凝土	(8)
2.2 钢筋	(16)
2.3 钢筋和混凝土的粘结	(20)
2.4 钢筋的锚固和连接	(22)
3 混凝土结构设计的基本原则	(26)
3.1 混凝土结构设计理论发展简史	(26)
3.2 数理统计的基本概念	(27)
3.3 结构的功能要求和极限状态	(28)
3.4 结构的可靠度和极限状态方程	(30)
3.5 可靠指标和目标可靠指标	(32)
3.6 极限状态设计表达式	(33)
3.7 材料强度指标	(37)
3.8 荷载代表值	(38)
3.9 混凝土结构耐久性设计规定	(39)
4 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力	(42)
4.1 受弯构件的一般构造要求	(42)
4.2 受弯构件正截面受力全过程和破坏特征	(44)
4.3 受弯构件正截面承载力计算的基本原则	(47)
4.4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(51)
4.5 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(57)
4.6 单筋 T 形截面受弯构件正截面承载力计算	(63)

5	钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力	(72)
5.1	受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	(72)
5.2	影响受弯构件斜截面受剪承载力的主要因素	(76)
5.3	受弯构件斜截面受剪承载力计算	(79)
5.4	纵向受力钢筋的弯起和截断	(87)
5.5	箍筋和弯起钢筋的一般构造要求	(92)
5.6	受弯构件斜截面受剪承载力的计算方法和步骤	(94)
6	钢筋混凝土受扭构件扭曲截面承载力	(102)
6.1	受扭构件的分类	(102)
6.2	纯扭构件的破坏特征和扭曲截面承载力计算	(102)
6.3	在弯矩、剪力和扭矩共同作用下矩形截面构件扭曲截面承载力计算	(111)
* 6.4	在弯矩、剪力和扭矩共同作用下 T 形和 I 形截面构件扭曲截面承载力计算	(115)
* 6.5	在弯矩、剪力和扭矩共同作用下箱形截面构件扭曲截面的承载力计算	(118)
6.6	钢筋混凝土结构构件的协调扭转	(119)
6.7	受扭构件的一般构造要求	(119)
7	钢筋混凝土受压构件承载力	(122)
7.1	配有纵向钢筋和普通箍筋的轴心受压构件承载力计算	(122)
7.2	配有纵向钢筋和螺旋箍筋的轴心受压构件承载力计算	(126)
7.3	偏心受压构件正截面的受力特点和破坏特征	(129)
7.4	偏心受压构件的二阶效应	(131)
7.5	偏心受压构件正截面承载力计算的基本原则	(135)
7.6	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	(136)
* 7.7	I 形截面偏心受压构件正截面承载力计算	(151)
7.8	偏心受压构件正截面承载力 N_u 与 M_u 的关系	(156)
7.9	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(157)
7.10	受压构件的一般构造要求	(158)
8	受拉构件正截面承载力计算	(162)
8.1	轴心受拉构件正截面承载力计算	(162)
8.2	偏心受拉构件正截面承载力计算	(162)
8.3	偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	(165)
9	钢筋混凝土构件裂缝和变形计算	(167)
9.1	裂缝和变形的计算要求	(167)
9.2	钢筋混凝土构件的裂缝宽度计算	(167)

9.3 受弯构件的刚度和挠度计算	(178)
10 预应力混凝土结构的基本原理与计算原则	(186)
10.1 预应力混凝土的基本原理	(186)
10.2 预应力混凝土的分类	(187)
10.3 预应力混凝土的材料	(190)
10.4 预应力钢筋张锚体系	(192)
10.5 预应力混凝土结构计算的基本原则	(196)
10.6 预应力混凝土的构造要求	(203)
11 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	(207)
11.1 预应力混凝土轴心受拉构件受力全过程及各阶段的应力分析	(207)
11.2 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	(214)
12 预应力混凝土受弯构件的计算	(225)
12.1 预应力混凝土受弯构件的受力全过程及各阶段的应力分析	(225)
12.2 预应力混凝土受弯构件的承载力计算	(231)
12.3 预应力混凝土受弯构件裂缝验算	(234)
12.4 预应力混凝土受弯构件的变形验算	(237)
12.5 预应力混凝土受弯构件在施工阶段的承载力和抗裂验算	(239)

第二篇 混凝土结构设计

13 钢筋混凝土楼盖	(251)
13.1 现浇钢筋混凝土楼盖	(251)
13.2 装配式钢筋混凝土楼盖	(294)
13.3 楼梯和雨篷	(297)
14 钢筋混凝土单层厂房	(308)
14.1 钢筋混凝土单层厂房的结构组成和结构布置	(308)
14.2 钢筋混凝土单层厂房排架计算	(326)
14.3 钢筋混凝土单层厂房结构构件的计算与构造	(356)
15 钢筋混凝土多层和高层房屋	(381)
15.1 多层和高层房屋结构设计的一般原则	(381)
15.2 钢筋混凝土框架结构	(398)
15.3 钢筋混凝土多层房屋的基础	(448)

第三篇 砌体结构

16	砌体结构的材料及砌体的力学性能	(465)
16.1	块体材料和砂浆	(465)
16.2	砌体的种类	(467)
16.3	砌体的抗压强度	(468)
16.4	砌体的轴心抗拉、抗弯、抗剪强度	(470)
16.5	砌体的弹性模量、摩擦系数、线膨胀系数和收缩率	(472)
17	砌体结构设计的基本原则	(474)
17.1	设计方法	(474)
17.2	砌体结构承载力极限状态设计表达式	(474)
17.3	砌体的强度指标	(475)
18	砌体结构构件的承载力计算	(480)
18.1	受压构件承载力计算	(480)
18.2	砌体局部受压承载力计算	(485)
18.3	轴心受拉、受弯和受剪构件的承载力计算	(491)
18.4	配筋砖砌体的承载力计算	(495)
19	混合结构房屋墙体设计	(503)
19.1	墙体设计的基本原则	(503)
19.2	刚性方案房屋承重墙体的计算	(514)
19.3	弹性和刚弹性方案房屋	(524)
20	过梁、墙梁、挑梁及墙体构造措施	(531)
20.1	过梁	(531)
20.2	墙梁	(534)
20.3	挑梁	(541)
20.4	墙体构造措施	(543)
附 录		(548)
附表 1	混凝土强度标准值	(548)
附表 2	混凝土强度设计值	(548)
附表 3	混凝土的弹性模量	(548)
附表 4	混凝土受压和受拉疲劳强度修正系数 γ_p	(548)
附表 5	普通钢筋强度标准值	(549)

附表 6	预应力钢筋强度标准值	(549)
附表 7	普通钢筋强度设计值	(550)
附表 8	预应力钢筋强度设计值	(550)
附表 9	钢筋的弹性模量	(550)
附表 10	普通钢筋疲劳应力幅限值	(551)
附表 11	预应力钢筋疲劳应力幅限值	(551)
附表 12	受弯构件的挠度限值	(551)
附表 13	结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值	(552)
附表 14	混凝土保护层最小厚度 c	(552)
附表 15	纵向受力钢筋的最小配筋百分率 $\rho_{\min}$	(552)
附表 16	钢筋混凝土矩形和 T 形截面受弯构件正截面承载力计算系数 ξ 、 γ_s 、 α_s	(553)
附表 17	钢筋的计算截面面积及理论重量表	(554)
附表 18	钢绞线公称直径、截面面积及理论重量	(554)
附表 19	钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量	(554)
附表 20	钢筋混凝土板每米宽的钢筋截面面积	(555)
附表 21	钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数 φ	(556)
附表 22	等截面等跨连续梁在均布荷载和集中荷载作用下的内力系数表	(556)
附表 23	双向板在均布荷载作用下的挠度和弯矩系数表	(562)
附表 24	钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	(565)
附表 25	单阶柱柱顶反力和位移系数表	(566)
附表 26	规则框架和壁式框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时的反弯点 高度比	(570)
附表 27	砌体抗压强度设计值	(575)
附表 28	沿砌体灰缝截面破坏时砌体的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设 计值和抗剪强度设计值	(577)
附表 29	砌体的弹性模量	(577)
附表 30	摩擦系数	(578)
附表 31	砌体的线膨胀系数和收缩率	(578)
附表 32	影响系数 φ	(578)
附表 33	影响系数 φ_n	(580)
附表 34	组合砖砌体构件的稳定系数 φ_{com}	(581)
附表 35	砌体房屋伸缩缝的最大间距	(581)
参考文献		(582)

第一篇

混凝土结构基本构件

1 绪论

1.1 钢筋混凝土的一般概念

钢筋混凝土是由两种力学性能不同的材料——钢筋和混凝土结合成整体,共同发挥作用的一种建筑材料。

混凝土是一种人造石材,其抗压强度很高,而抗拉强度则很低(约为抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$)。当用混凝土梁承受荷载时(图 1-1a),在梁的正截面(垂直于梁的轴线的截面)上受到弯矩作用,中和轴以上受压,以下受拉。随着荷载的逐渐增大,混凝土梁中的压应力和拉应力将增大,其增大的幅度大致相同。当荷载较小时,梁的受拉区边缘的拉应力未达到其抗拉强度,梁尚能承担荷载。当荷载达到某一数值 P_c 时,梁的受拉区边缘混凝土的拉应力达到其抗拉强度,即出现裂缝。这时,裂缝截面处的混凝土脱离工作,该截面处的受力高度减小,即使荷载不增加,拉应力也将增大。因而,裂缝继续向上发展,使梁很快断裂(图 1-1b)。这种破坏是很突然的,也就是说,当荷载达到 P_c 的瞬间,梁立即发生破坏,属于脆性破坏。 P_c 为混凝土梁受拉区出现裂缝的荷载,一般称为混凝土梁的抗裂荷载,也是混凝土梁的破坏荷载。由此可见,混凝土梁的承载力是由混凝土的抗拉强度控制的,而受压区混凝土的抗压强度则远未被充分利用。如果要使梁承受更大的荷载,则必须将其截面加大很多,这是不经济的,有时甚至是不可能的。

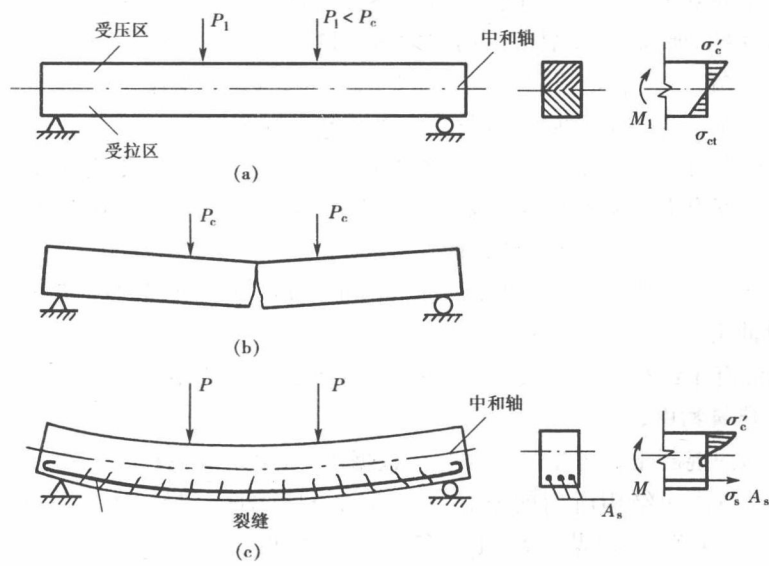


图 1-1 混凝土梁和钢筋混凝土梁

为了解决上述矛盾,可采用抗拉强度高的钢筋来加强混凝土梁的受拉区,也就是在混凝土梁的受拉边配置纵向钢筋,这就构成了钢筋混凝土梁。试验表明,和混凝土梁有相同截面

尺寸的钢筋混凝土梁承受荷载时,其抗裂荷载虽然比混凝土梁要增大些,但增大的幅度是不大的。因此,当荷载略大于 P_c , 达到某一数值 P_{cr} 时,梁仍出现裂缝。在出现裂缝的截面处,受拉区混凝土脱离工作,配置在受拉区的钢筋将承担几乎全部的拉应力。这时,钢筋混凝土梁不会像混凝土梁那样立即裂断,而能继续承担荷载(图 1-1c),直至受拉钢筋应力达到屈服强度,裂缝向上延伸,受压区混凝土达到其抗压强度而被压碎,梁才达到破坏。因此,钢筋混凝土梁的受弯承载力可较混凝土梁提高很多,其提高的幅度与配置的纵向钢筋数量和强度有关。

由上述可知,钢筋混凝土梁充分发挥了混凝土和钢筋的特性,用抗压强度高的混凝土承担压力,用抗拉强度高的钢筋承担拉力,合理地做到了物尽其用。必须指出,与混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载力提高很多,但抵抗裂缝的能力提高并不多。因此,在使用荷载下,钢筋混凝土梁一般是带裂缝工作的。当然,其裂缝宽度应控制在允许限值内。

图 1-2 所示的轴心受压柱,如果在混凝土中配置受压钢筋和箍筋,协助混凝土承受压力,也同样可提高柱的承载力,改善柱的受力性能。

钢筋和混凝土这两种性质不同的材料之所以能有效地结合在一起共同工作,主要是由于混凝土和钢筋之间有着良好的粘结力,使两者可靠地结合成一个整体,在荷载作用下能共同变形,完成其结构功能。其次,钢筋和混凝土的温度线膨胀系数也较为接近(钢筋为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$),因此,当温度变化时,不会产生较大的温度应力而破坏两者之间的粘结。

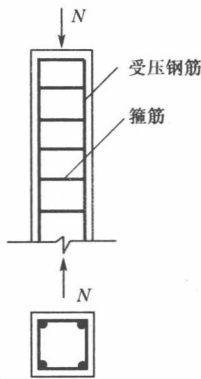


图 1-2 钢筋混凝土柱

钢筋混凝土除了能合理地利用钢筋和混凝土两种材料的特性外,还有下述一些优点。

(1) 在钢筋混凝土结构中,混凝土的强度是随时间而不断增长的,同时,钢筋被混凝土所包裹而不易锈蚀,所以,钢筋混凝土结构的耐久性是很好的。此外,还可根据需要,配制具有不同性能的混凝土,以满足不同的耐久性要求。因此,钢筋混凝土结构不像钢结构那样,需要经常性的保养和维修,其维修费用极少,几乎与石材相同。

(2) 在钢筋混凝土结构中,混凝土包裹着钢筋,由于混凝土的传热性能较差,在火灾中将对钢筋起着保护作用,使其不会很快达到软化温度而造成结构破坏。所以,与钢结构相比,钢筋混凝土结构的耐火性能是较好的。

(3) 钢筋混凝土结构,尤其是现浇钢筋混凝土结构的整体性较好,其抵抗地震、振动以及强烈爆炸时冲击波作用的性能较好。

(4) 钢筋混凝土结构的刚性较大,在使用荷载下的变形较小,故可有效地应用于对变形要求较严格的建筑物中。

(5) 新拌和的混凝土是可塑的,因此,可根据需要,浇筑成各种形状和尺寸的结构。

(6) 在钢筋混凝土结构所用的原材料中,砂、石所占的分量较大,而砂、石易于就地取材。在工业废料(如矿渣、粉煤灰等)比较多的地区,可将工业废料制成人造骨料(如陶粒),用于钢筋混凝土结构中,这不但可解决工业废料处理问题,还有利于环境保护,而且可减轻结构的自重。

由于钢筋混凝土具有上述一系列优点,所以,在工程建筑中得到了广泛的应用。

钢筋混凝土结构也存在一些缺点,诸如:钢筋混凝土结构的截面尺寸一般较相应的钢结

构大,因而自重较大,这对于大跨度结构、高层建筑结构以及抗震都是不利的;抗裂性能较差,在正常使用时往往是带裂缝工作的;建造时耗工较大;施工受气候条件的限制;现浇钢筋混凝土需耗用大量模板;隔热、隔声性能较差;修补或拆除较困难等等。这些缺点在一定条件下限制了钢筋混凝土结构的应用范围。但是,随着钢筋混凝土结构的不断发展,这些缺点已经或正在逐步得到克服。例如,采用轻质高强混凝土以减轻结构自重;采用预应力混凝土以提高构件的抗裂性(同时也可减轻自重);采用预制装配结构或工业化的现浇施工方法以节约模板和加快施工速度。

1.2 混凝土结构的发展简况

钢筋混凝土在 19 世纪中叶开始得到应用,至今只有大约 160 年的历史。从 19 世纪 50 年代到 20 世纪 20 年代,是钢筋混凝土结构发展的初期阶段。在这个阶段,开始用钢筋混凝土建造各种板、梁、柱和拱等简单的构件,所采用的混凝土强度和钢筋强度都较低,钢筋混凝土的计算理论尚未建立,内力计算和构件截面设计都是按弹性理论进行的。20 世纪 20 年代以后,开始出现装配式钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和壳体空间结构,同时,构件强度开始按破坏阶段计算。第二次世界大战以后,钢筋混凝土结构有了更大的发展,混凝土强度和钢筋强度不断提高,钢筋混凝土结构的应用范围不断扩大,预应力混凝土结构也开始应用,工业化施工方法普遍采用,极限状态设计方法获得了愈来愈广泛的应用。

目前,常用的混凝土强度为 $20 \sim 40 \text{ N/mm}^2$ 。如果工程需要,也不难制成强度达 $80 \sim 100 \text{ N/mm}^2$ 的混凝土。为了减轻自重,轻质高强混凝土也有了较大的发展,轻质混凝土的容重一般为 $14 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。目前,热轧钢筋的强度可达 $600 \sim 900 \text{ N/mm}^2$,高强钢丝、钢绞线的强度可达 1800 N/mm^2 以上。

由于材料强度的不断提高,钢筋混凝土和预应力混凝土的应用范围也不断扩大。近 30 年来,钢筋混凝土和预应力混凝土在大跨度结构和高层建筑结构中的应用有了令人瞩目的发展。如德国采用预应力轻混凝土建造了跨度为 90 m 的飞机库屋面梁;日本滨名大桥的预应力箱形截面桥梁的跨度达 239 m;阿拉伯联合酋长国的迪拜塔高度达 828 m。

在这期间,设计理论也有了新的发展。20 世纪 70 年代以来,以统计数学为基础的结构可靠度理论已逐步进入工程实用阶段,使极限状态设计方法向着更为完善、更为科学的方向发展。同时,考虑混凝土非弹性变形的钢筋混凝土结构计算理论有了很大的发展,在板、连续梁和框架的设计中已得到了广泛的应用。20 世纪 60 年代后期,随着对混凝土变形性能的深入研究和电子计算机的应用,已开始将有限元法用于钢筋混凝土应力状态的分析,此后发展很快,利用混凝土的本构方程(应力—应变关系式)以及粘结条件的模式化,借助于电算,可以对构件,以至结构的受力全过程进行弹塑性分析。通过不断地充实提高,一个新的分支学科——“近代钢筋混凝土力学”正在逐步形成。由于将电子计算机、有限元理论和现代测试技术应用到钢筋混凝土理论和试验研究中,钢筋混凝土结构的计算理论和设计方法正在日趋完善,向着更高的阶段发展。

在 19 世纪末和 20 世纪初,我国也开始有了钢筋混凝土建筑物。但直到新中国成立前夕,钢筋混凝土结构在我国发展缓慢,应用范围不广,大工程更是寥寥无几。钢筋混凝土结构的设计皆沿用国外的一些旧方法。新中国成立以后,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,钢筋混凝土结构在我国工程建设中得到了迅速的发展和广泛的应用。

在 1952~1953 年,我国已开始采用装配式钢筋混凝土结构。目前,在单层厂房中已广泛采用定型构配件和标准设计,如屋面梁、屋架、托架、天窗架、吊车梁、连梁和基础梁等构件都已编制了全国通用标准图集及地区性标准设计图集。在多层厂房和民用建筑中,广泛采用了现浇钢筋混凝土框架结构。同时,升板结构、滑模结构已有所发展。北京、南宁等地区已兴建大批装配式大板住宅建筑。此外,不少地区还推广现浇大模板居住建筑。

近 20 多年来,钢筋混凝土高层建筑有较快的发展。如 48 层(高 165 m)的上海展览中心主楼,50 层(高 160 m)的深圳国际贸易大厦,81 层(高 325 m)的深圳地王大厦以及 91 层(高 395 m)的上海金茂大厦等。此外,北京、上海等地还建造了一批高层住宅建筑。

大跨度建筑也有一定的发展,一般常采用拱、门式刚架和壳体结构等。如北京体育学院田径房采用了跨度为 46.7 m 的钢筋混凝土落地拱,广州体育馆采用了跨度为 49.8 m 的现浇钢筋混凝土双铰门式刚架,北京火车站中央大厅采用了 35 m×35 m 的双曲扁壳。

预应力混凝土结构的应用也日益广泛。如北京民航机库采用了跨度达 60 m 的块体拼装式预应力混凝土拱形屋盖,四川泸州长江大桥采用了预应力混凝土 T 形结构,其三个主桥孔跨度达 170 m。此外,在工业与民用建筑中,预应力混凝土构件(如吊车梁、空心板等)的应用也较广泛。近年来,预应力混凝土楼盖和预应力混凝土框架结构也有较快的发展。

随着钢筋混凝土和预应力混凝土结构在工程建设中的广泛应用,我国在这一领域的科学研究和设计规范的制定工作也取得了较大的发展。1952 年东北人民政府工业部颁布《建筑设计暂行标准》,采用了破坏阶段的计算方法,从这时起,许多设计部门开始按这一标准进行钢筋混凝土结构的设计。1958 年建筑工程部制定了《钢筋混凝土结构设计暂行规范》规结 6—55,合理地采用了较小的安全系数,节约了材料,降低了工程造价。1956 起,不少设计部门先后参考了前苏联钢筋混凝土和预应力混凝土按极限状态计算的规范进行设计。1966 年建筑工程部又颁发了《钢筋混凝土结构设计规范》BJG 21—66,采用了按极限状态的计算方法。20 世纪 70 年代,在总结工程实践经验和科学研究成果的基础上,我国又编制了《预应力混凝土结构设计与施工》和《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10—74 以及有关的专门规范、规程和设计手册,这对于统一设计标准,保证工程质量,节约材料,降低造价,以及提高设计速度等方面都起了重要的作用。

20 世纪 70 年代以前,我国在这一领域已进行了不少试验研究工作,并取得了一定的成果,但大规模、有组织、有计划地开展科学研究工作还是从 20 世纪 70 年代初开始的。近 30 年来,我国在混凝土结构基本理论与计算方法、可靠度与荷载分析、单层厂房与多高层建筑结构、大板与升板结构、大跨度特种结构、结构抗震、工业化建筑体系、电子技术在钢筋混凝土结构中的应用和测试技术等方面取得了很多成果,为修订和制订有关规范和规程提供了大量原始数据和科学依据。

为了提高我国建筑结构设计规范的先进性和统一性,我国已编制了《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84 及其修订本《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001(以下简称《统一标准》),该标准采用了目前国际上正在发展和推行的,以概率理论为基础的极限状态设计方法,统一了我国建筑结构设计的基本原则,规定了适用于各种材料结构的可靠度分析方法和设计表达式,并对材料与构件质量控制和验收提出了相应的要求。

按照《统一标准》规定的基本原则,在总结工程建设的实践经验以及科学研究成果的基础上,我国又编制了《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 及其修订本《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 和新颁布的《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010(以下简称《规范》),

把我国的混凝土结构设计提高到一个新的水平,对钢筋混凝土结构的发展起着重大的影响。

思考题

- 1.1 素混凝土梁和钢筋混凝土梁的破坏特点如何?
- 1.2 与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁抗裂弯矩的提高程度如何?为什么?
- 1.3 与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁受弯承载力的提高程度如何?为什么?
- 1.4 钢筋混凝土结构有哪些优点?哪些缺点?
- 1.5 钢筋和混凝土共同工作的基础是什么?

习题

- 1.1 钢筋混凝土梁在即将开裂时,测得混凝土的极限拉应变为 $\epsilon_{ctu} = 1.3 \times 10^{-4}$,试估算此时的纵向受拉钢筋的应力,并与其屈服强度相比较。纵向受拉筋的弹性模量 $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$,屈服强度 $f_y = 335 \text{ N/mm}^2$ 。

2 钢筋混凝土材料的物理和力学性能

2.1 混凝土

2.1.1 混凝土的强度

在设计和施工中常用的混凝土强度可分为立方体强度、轴心抗压强度和轴心抗拉强度等。现分别叙述如下。

1) 混凝土立方体强度

混凝土的立方体抗压强度(简称立方体强度)是衡量混凝土强度的主要指标。混凝土立方体强度不仅与养护时的温度、湿度和龄期等因素有关,而且与试件的尺寸和试验方法也有密切关系。在一般情况下,试件的上下表面与试验机承压板之间将产生阻止试件向外自由变形的摩阻力,它将像两道套箍一样将试件套住,延缓了裂缝的发展,从而提高了试件的抗压强度。破坏时,试件中部剥落,其破坏形状如图 2-1a 所示。如果在试件的上下表面涂上润滑剂,试验时摩阻力就大大减小,所测得的抗压强度较低,其破坏形状如图 2-1b 所示。工程中实际采用的是不加润滑剂的试验方法。试验还表明,立方体的尺寸不同,试验时测得的强度也不同,立方体尺寸愈小,摩阻力的影响愈大,测得的强度也愈高。《规范》规定,混凝土立方体强度,系指按标准方法制作、养护的边长为 150 mm 的立方体试件,在 28 d 或设计规定龄期,用标准试验方法测得的抗压强度。

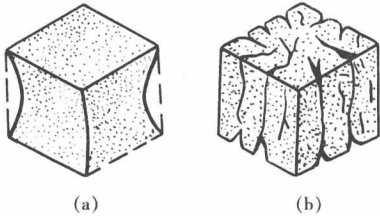


图 2-1 混凝土立方体受压破坏特征

由于粉煤灰等矿物掺合料在水泥及混凝土中大量应用,以及近年来混凝土工程发展的实际情况,确定混凝土立方体抗压强度标准值的试验龄期不仅限于 28 d,可由设计根据实际情况适当延长,故《规范》中增补了“或设计规定”的规定。

在生产实际中,有时也采用边长为 100 mm 或 200 mm 的立方体试件,则所测得的立方体强度应分别乘以换算系数 0.95 或 1.05。

《规范》规定的混凝土强度等级用符号 C 表示,系按立方体抗压强度标准值确定,亦即按上述方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度(详见第三章 3.7.2 节)。

《规范》规定的混凝土强度等级有 14 级,为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80。

2) 混凝土轴心抗压强度(棱柱体强度)

如前所述,混凝土的抗压强度与试件尺寸和形状有关。在实际工程中,一般的受压构件不是立方体而是棱柱体,即构件的高度要比截面的宽度或长度大。因此,有必要测定棱柱体的抗压强度,以更好地反映构件的实际受力情况。试验表明,棱柱体试件的抗压强度较立方体试件的抗压强度低。棱柱体试件高度与截面边长之比愈大,则强度愈低。当高宽比由 1