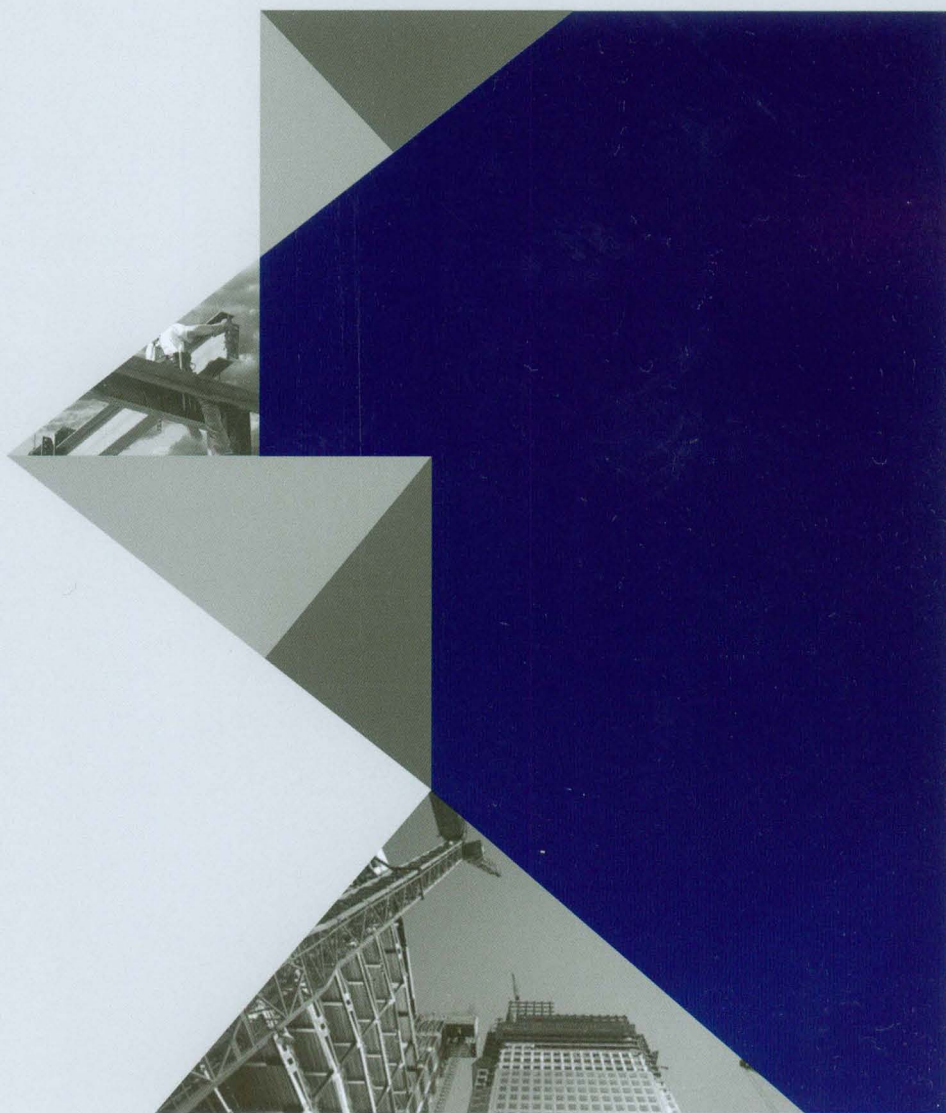


高等职业教育建筑工程技术专业规划教材

总主编 /李 辉
执行总主编 /吴明军

结构抗震与措施

主 编 陈文元
副主编 李和珊
主 审 李 辉



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

内容提要

本书主要内容涵盖地震基本知识、抗震设计方法、砌体结构抗震措施、混凝土结构抗震措施、钢结构抗震措施等,融合了《建筑抗震设计规范》(GB 50011)与《建筑物抗震构造详图》(11G329-1~3)等最新的结构规范。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的土建类专业,以及土建施工类专业结构抗震方面的教材,也可作为专升本考试用书以及有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

结构抗震与措施/陈文元主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.8

高等职业教育建筑工程技术专业规划教材

ISBN 978-7-5624-9140-8

I. ①结… II. ①陈… III. ①建筑结构—防震设计—
高等职业教育—教材 IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 121161 号

高等职业教育建筑工程技术专业规划教材

结构抗震与措施

主 编 陈文元

副主编 李和珊

主 审 李 辉

策划编辑:范春青 刘颖果

责任编辑:范春青 版式设计:范春青

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:231 千

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-9140-8 定价:19.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

“结构抗震与措施”是建筑工程技术专业的重要课程之一。该门课程整合了地震基本知识、抗震设计方法、砌体结构抗震措施、混凝土结构抗震措施、钢结构抗震措施等五大部分内容,具有很强的综合性和复杂性。

本书的编者结合多年在高职教育的教学经验,深知这门课程对于学生来说具有一定的难度,因此在编写过程中尽量做到由浅入深,注重内容的系统性和相互关联性,摒弃烦琐的公式演绎,重点关注公式的实用性和适用条件,体现了结构抗震概念设计和构造措施图例。该教材对于建筑工程技术专业教学中面临的课程内容多、学习难度大、课时少的问题给予了整体解决方案。

本书内容参照最新的规范与标准,包括《建筑抗震设计规范》(GB 50011)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、2013 版《钢结构设计规范》(正文)征求意见稿、《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》(11G101-1~3)、《建筑物抗震构造详图》(11G329-1~3)等,确保了内容与新规范相协调。

本书在内容组织上对以往抗震教材进行了适当调整:重点介绍了地震基本概念、结构概念设计及《建筑物抗震构造详图》(11G329-1~3)内容,弱化了抗震计算原理介绍。

本书由陈文元主编,李和珊任副主编,因经验和水平有限,书中难免有不少缺点或错误,敬请批评指正,以便及时修正。作者联系邮箱:277089629@qq.com。

编 者
2015 年 3 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 结构及抗震沿革	1
1.2 本课程的要求	10
复习思考题	11
第2章 地震基本知识	12
2.1 地震概念	12
2.2 震级和烈度	13
2.3 地震震害	17
2.4 抗震设防目标和标准	19
2.5 抗震概念设计	21
复习思考题	26
第3章 建筑抗震计算原理	27
3.1 结构自振周期的近似方法	28
3.2 水平地震作用计算的反应谱方法	31
3.3 底部剪力法	31
3.4 平动的振型分解反应谱法	34
3.5 竖向地震作用的简化计算方法	36
3.6 截面抗震验算	36
3.7 抗震变形验算	37

复习思考题	40
第4章 砌体结构抗震措施	41
4.1 砌体结构震害分析	41
4.2 砌体房屋墙体的抗震性能	44
4.3 地震作用计算和截面抗震验算	47
4.4 砌体结构抗震设计的一般规定	50
4.5 砖砌体结构抗震构造措施及详图	53
4.6 砌块砌体结构抗震构造措施及详图	61
4.7 底部框架-抗震墙砌体结构抗震构造措施及详图	66
复习思考题	70
第5章 多层和高层钢筋混凝土结构抗震措施	71
5.1 钢筋混凝土结构震害分析	71
5.2 钢筋混凝土结构受力特点	75
5.3 框架-抗震墙结构的内力分析	76
5.4 框架-抗震结构中框架的剪力调整	80
5.5 钢筋混凝土结构抗震设计的一般规定	81
5.6 框架结构抗震构造措施及详图	85
5.7 剪力墙结构抗震构造措施及详图	94
5.8 框架剪力墙抗震构造措施及详图	100
复习思考题	102
第6章 钢结构抗震措施	103
6.1 钢结构震害分析	103
6.2 高层钢结构的地震作用计算	110
6.3 构件截面抗震验算	112
6.4 钢结构抗震设计的一般规定	117
6.5 多、高层钢结构抗震构造措施及详图	119
6.6 单层钢结构厂房结构抗震措施及详图	126
复习思考题	131
第7章 非结构构件抗震措施	132
7.1 非承重墙体	133
7.2 屋面附属构件和突出结构	135
7.3 幕墙和门窗	136
7.4 装饰和保温材料	136
7.5 管道	137
复习思考题	137

第 8 章 隔震与消能减震技术 138

 8.1 隔震技术 138

 8.2 消能减震技术 139

 8.3 隔震与消能减震结构的适用范围 141

 复习思考题 142

参考文献 143

第 1 章

绪 论



本章导读

• **教学内容** 本章的主要内容是介绍了结构的定义及结构抗震的任务,通过对结构发展沿革、混凝土结构的优缺点与应用、钢结构的优缺点与应用、砌体结构的优缺点与应用等的介绍,引申出结构抗震与措施的发展,以及本课程的主要内容及特点和学习方法。

• **学习要求:** 了解结构发展沿革、混凝土结构的应用、钢结构的应用、砌体结构的应用、结构抗震的发展;熟悉混凝土结构、钢结构、砌体结构的优缺点;掌握本课程的主要内容及特点和学习方法。

1.1 结构及抗震沿革

1.1.1 结构发展沿革

按承重结构的所用材料划分,结构可分为混凝土结构(图 1.1)、钢结构(图 1.2)、砌体结构(图 1.3)和木结构(图 1.4)等,前 3 类结构是目前应用最广泛的结构,俗称三大结构。本书只介绍与这三大结构计算、构造、绘图有关的内容。

结构上的作用是指能使结构产生效应(内力、变形)的各种原因的总称,可分为直接作用和间接作用两类。直接作用是指作用在结构上的各种荷载,如土压力、构件自重、使用活荷载、风荷载、地震等,它们直接使结构或构件产生内力和变形效应。间接作用则是指地基变形、混凝土收缩、温度变化等,它们在结构中引起外加变形和约束变形,从而产生内力效应。



图 1.1 混凝土结构



图 1.2 钢结构



图 1.3 砌体结构

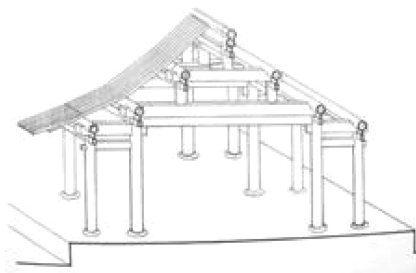


图 1.4 木结构

土木工程结构有着悠久的历史。我国黄河流域的仰韶文化遗址就发现了公元前 5000—前 3000 年的房屋结构痕迹;2 000 多年以前,我国已有了“秦砖汉瓦”。我国早期的建筑采用的多为木结构的构架制,砖、石仅作填充维护墙之用,如气势宏伟的北京故宫及大量的民居等;而全长达 6 350 多千米的万里长城则是砖砌体的杰作;此外,坐落在河南登封的 40 m 高的嵩岳寺塔是现存最古老的砖砌佛塔;金字塔(建于公元前 2700—前 2600 年)、万里长城、赵州桥等都是结构发展史上的辉煌之作。17 世纪工业革命后,资本主义国家工业化的发展推动了建筑结构的发展。

人类自 17 世纪开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋。自 19 世纪中叶开始,钢结构得到蓬勃发展。19 世纪 20 年代,美国人发明水泥以来,钢筋混凝土结构得到了迅猛发展。1861 年,法国花匠用水泥砂浆制作花盆,其中放置钢筋网增加其强度,从而开创了“蒙氏体系”。随着 19 世纪末工业的发展,水泥、钢材质量不断提高;随着科学研究的深入,计算理论不断改进;由于施工经验的不断积累、完善,钢筋混凝土结构得到相当广泛的应用。到了 20 世纪 20 年代,德国人制造了钢筋混凝土薄壳结构。1928 年,法国人就已制成了预应力混凝土构件。20 世纪 30 年代,预应力混凝土结构的出现使混凝土结构的应用范围更加广泛。目前,世界上的摩天大楼不胜枚举,如马来西亚吉隆坡石油大厦(1996 年建成,组合结构)高达 451.9 m,88 层。

我国在土木工程结构领域也取得了辉煌成就。建筑结构方面,2008 年建成的上海浦东陆家嘴的上海环球金融中心,高 492 m,地上 101 层,地下 3 层,其高度目前为全国第一;正在

建设的上海中心,设计高度 632 m,121 层,建成后将成为世界第三高楼(图 1.5);2008 年 6 月建成了主跨跨径达 1 088 m 的当时世界第一跨径的苏通斜拉桥(图 1.6);2002 年中国建成了跨度 550 m、世界最大跨径钢拱桥钢结构大桥——卢浦大桥;1988 年建成的飞云江桥,位于浙江瑞安,跨越飞云江,全长 1 718 m,最大跨度 62 m,桥面宽 13 m,混凝土强度等级 C60,是我国最大的预应力混凝土简支梁桥。



图 1.5 上海浦东陆家嘴



图 1.6 苏通大桥

虽然土木工程结构已经历了漫长的发展过程,但至今仍生机勃勃,不断在发展。概括起来,建筑结构的的发展趋势主要在以下几个方面:

(1) 材料方面

随着高层建筑及大跨度建筑的发展需要、建筑材料研究的深入、材料的性能不断提高,使得建造大跨、超高层建筑成为现实。混凝土将向轻质高强方向发展,随着水泥和钢材工业的发展,混凝土和钢材的质量不断改进、强度逐步提高。例如在美国 20 世纪 60 年代使用的混凝土抗压强度平均为 28 N/mm^2 , 20 世纪 70 年代提高到 42 N/mm^2 , 近年来一些结构的混凝土抗压强度已经达到 $80 \sim 100 \text{ N/mm}^2$ 。苏联 20 世纪 70 年代使用钢材平均屈服强度为 380 N/mm^2 , 20 世纪 80 年代提高到 420 N/mm^2 ; 美国在 20 世纪 70 年代钢材平均屈服强度已达 420 N/mm^2 。预应力钢筋所用强度则更高,用于预应力混凝土构件中钢筋屈服强度为 $450 \sim 700 \text{ N/mm}^2$, 而钢丝的极限强度可高达 $1\,800 \text{ N/mm}^2$ 左右。这些均为进一步扩大钢筋混凝土的应用范围创造了条件,特别是自 20 世纪 70 年代以来,很多国家把高强度钢材和高强度混凝土用于大跨、重型、高层结构中,在减轻自重、节约钢材上取得了良好的效果。

(2) 理论方面

随着研究的不断深入、统计资料的不断积累,结构设计方法将会发展至概率极限状态设计方法。半个世纪以来,我国混凝土结构理论及规范从无到有,经历了从照搬、模仿到依据试验研究和工程实践自主编制的过程。早期的《钢筋混凝土结构设计规范》(草案)和 GBJ 21—66 规范,基本引用、参照苏联的规范; TJ 10—74 规范则采用安全系数法进行设计。30 多年来,混凝土结构设计规范国家标准管理组围绕规范修订,组织进行了 6 批系统的试验研究,奠定了我国现代混凝土结构理论的基础,并成为规范修订的主要依据。GBJ 10—89 规范确定了我国混凝土结构设计规范的基本模式, GB 50010—2002 及修订的新规范将从“构件分析”向“结构分析”过渡。

最早的设计方法是把结构构件看成完全弹性体,要求其在使用期间截面上任何一点的应力不超过容许应力值,这种方法称为“容许应力设计法”。随着研究的深入,人们逐渐认识到钢筋混凝土的塑性性能,从而提出了“破损阶段设计法”。该法以构件的极限承载力为依据,要求荷载的数值乘以大于1的安全系数后不超过构件的极限承载力。后来,在破损阶段设计法进一步发展的基础上又提出了极限状态设计法。根据荷载、材料、工作条件等不同情况采用不同系数的极限状态设计法;部分系数的确定采用概率的方法,部分系数由经验确定,故也称为“半概率设计法”。随着工程实践经验的进一步积累,结合最新的科研成果,提出了概率极限状态法,采用概率的方法给出结构可靠度的计算。该法在表达方式上虽然与以往的方法有些类似,但二者在本质上是有所区别的,该法已属于概率法的范畴。我国的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)采用的就是概率极限状态设计法。

随着研究理论和计算方法的进一步成熟,结构设计方法将有可能发展至全概率极限状态设计方法。

(3) 结构方面

空间网架发展十分迅速,最大跨度已逾百米;悬索结构、薄壳结构也是大跨度结构发展的方向;高层砌体结构开始应用;组合结构也是结构发展的方向。为了克服钢筋混凝土易于产生裂缝这一缺点,促成了预应力混凝土的出现。预应力混凝土的应用又对材料强度提出新的更高的要求,而高强度混凝土及钢材的发展反过来又促进了预应力混凝土结构应用范围的不断扩大。为了改善钢筋混凝土自重大的缺点,世界各国已经大力研究发展了各种轻质混凝土,可在预制和现浇的建筑结构中采用,例如可制成预制大型壁板、屋面板、折板,以及现浇的薄壳、大跨、高层结构。由于砌体结构具有经济性和保温隔热性能好等优点,现仍广泛应用于多层民用建筑,特别是多层住宅中。

1.1.2 混凝土结构的特点与应用

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土这两种物理力学性能完全不同的材料组成共同受力的结构。这种结构能很好地发挥钢筋和混凝土这两种材料不同的力学性能,形成受力性能良好的结构构件。

钢筋混凝土结构在土木工程中被广泛应用,这种结构除了能够很好地利用钢筋和混凝土这两种材料各自的性能外,还具有下列优点:

①取材容易。在钢筋混凝土结构中,砂、石材料所占比例较大,一般情况下可以就地取材,而且还可以利用工业废料(如粉煤灰、工业废渣等),起到保护环境的作用。

②耐久、耐火性好。钢筋受到混凝土的保护,不易锈蚀,因而钢筋混凝土结构具有很好的耐久性,不像钢结构或木结构那样要进行保养维护。遭遇火灾时,不会像木结构那样轻易被燃烧,也不会像钢结构那样很容易软化而失去承载力。

③整体性好、刚度大。现浇式或装配整体式钢筋混凝土结构的整体性好、刚度大,这对抗震、防爆等都十分有利。

④可模性好。钢筋混凝土可以根据需要浇筑成各种形状和尺寸的结构,其可模性远比其他结构优越。

钢筋混凝土结构具有以下缺点:

①自重大。钢筋混凝土构件的截面尺寸相对较大,结构的自重往往也很大,因此不利于修建大跨度结构和高层建筑,对结构的抗震也很不利。

②抗裂性能差。混凝土的抗拉强度非常低,因此普通钢筋混凝土结构经常带裂缝工作,对于要求抗裂或严格要求限制裂缝宽度的结构,就需要采取专门的结构或工程构造措施。

③施工工期长、工艺复杂,且受环境、气候影响较大,隔热、隔声性能相对较差,并且不易修补与加固。

这些缺点使得钢筋混凝土结构的应用范围受到一些限制,但随着科学技术的发展,上述缺点正在逐步克服和改善之中。如采用轻质高强混凝土,可大大降低结构的自重;采用预应力混凝土,可减少混凝土开裂;采用粘钢或植筋技术等,可解决加固的问题;采用装配式结构工厂化生产的方式,可克服工期长、受环境气候影响大等问题。

钢筋混凝土结构可按不同的分类方法进行分类:

①按受力状态和构造外形分为杆件系统和非杆件系统。杆件系统是指受弯、拉、压、扭等作用的基本杆件(如梁、板、柱等);非杆件系统是指大体积结构及空间薄壁结构等。

②按制作方式可分为整体(现浇)式、装配式、整体装配式3种。整体(现浇)式结构刚度大、整体性好,但施工工期长、模板工程多;装配式结构可实现工厂化生产,施工速度快,但整体性相对较差,且构件接头复杂;整体装配式兼有整体式和装配式这两种结构的优点。

③按有无预应力分为普通钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。预应力混凝土结构是指在结构受荷载作用之前,人为地制造一种压应力状态,使之能够部分或全部抵消由于荷载作用所产生的拉应力,提高结构的抗裂性能。我国是世界上使用混凝土结构最多的国家,每年混凝土的用量已超过5亿 m^3 。

在房屋建筑工程中,住宅、商场、办公楼、厂房等多层建筑,广泛地采用混凝土框架或墙体为砌体、屋(楼)盖为混凝土的结构形式;高层建筑大都采用钢筋混凝土结构或钢-混凝土组合结构。除高层建筑之外,在大跨度建筑方面,由于广泛采用预应力技术和拱、壳、V形折板等形式,已使建筑物的跨度达百米以上。

在交通工程中,大部分的中、小型桥梁都采用钢筋混凝土建造,尤其是拱形结构的应用,使得大跨度桥梁得以实现。一些大跨度桥梁常采用钢筋混凝土与悬索或斜拉结构相结合的形式。悬索桥如我国的润扬长江大桥、日本的明石海峡大桥,斜拉桥如我国的杨浦大桥、日本的多多罗桥等,都是极具代表性的中外名桥。

在水利工程中,钢筋混凝土结构也扮演着极为重要的角色。世界上最大的水利工程——长江三峡水利枢纽中高达185 m的拦江大坝,即为混凝土重力坝,坝体混凝土用量达1 527万 m^3 。

此外,在仓储构筑物、管道、烟囱及电视塔等特殊构筑物中也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土,如上海电视塔和国家大剧院等。

1.1.3 钢结构的特点与应用

钢结构是以钢板和型钢等钢材通过焊接、铆接或螺栓连接等方法构筑成的工程结构。一项钢结构工程,包括设计、制作、安装三个主要阶段,需要解决大量的专门技术问题。

与混凝土结构相比,钢结构具有如下突出优点:

①强度高,自重轻。虽然钢材的容重明显大于混凝土的容重,但其强重比(强度与容重之比)要远高于混凝土,在相同承载力要求下,钢构件截面小、自重轻。例如,在跨度和荷载相同的条件下,钢屋架自重仅为钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$ 。

②材质均匀,可靠性高。钢材由钢厂生产,质量控制严格,材质均匀性好,且有良好的塑性和韧性,比较符合理想的各向同性弹塑性材料假设。目前已有的分析设计理论能够较好地反映钢结构的实际工作性能,因而钢结构的安全可靠性高。

③工业化程度高,工期短,环境影响小。钢结构制作以工厂为主,工业化程度高、精度高、质量好,现场安装工期短,对环境的影响小。

④连接方便,改造容易,重复利用率高。钢结构安装、拆卸方便,便于结构改造,有很好的适应性。钢结构报废拆除后,绝大部分钢材可以再次利用,对减少环境损害、节约资源有重要意义,钢材是公认的符合可持续发展要求的绿色建材。

⑤抗震性能好。钢结构由于自重轻,受到的地震作用较小。钢材具有较高的强度和较好的塑性和韧性,合理设计的钢结构具有很好的延性、很强的抗倒塌能力。国内外历次地震中,钢结构损坏相对较轻。

⑥密封性好。钢结构采用焊接连接后可以做到安全密封,能够满足高压气柜、油罐、管道等对气密性和水密性的要求。

钢结构也存在以下主要缺点:

①耐腐蚀性差。普通钢材容易锈蚀,必须采用防腐涂料等表面防护措施,一般还需定期维护,导致维护费用较高。

②耐火性差。钢结构耐热性能好,但耐火性较差。温度在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内时,钢材性质变化很小;当温度达到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,强度逐渐下降;温度达到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时,强度几乎为零。而火灾中未加防护的钢结构温度可高达 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,一般只能维持 20 min 左右。因此在有防火要求时,必须采取防火措施,如在钢结构外面包混凝土或其他防火材料,或在构件表面喷涂防火涂料等,这不仅增加了造价,也影响外观和施工。

③稳定问题较突出。由于钢材强度高,一般钢结构构件截面小、壁薄,因而在压力和弯矩等作用下存在构件甚至整个结构的稳定问题,必须在设计施工中给予足够重视。

④价格相对较贵。由于钢材相对于混凝土材料价格较高,采用钢结构一次性结构造价会略有增加,在我国往往会影响业主的选择。但上部结构造价占工程总投资的比例不大,如果综合考虑各种因素,尤其是工期优势,则钢结构具有良好的综合效益。

钢结构优点突出,应用很广泛,普通钢结构在土木工程中主要应用在以下几方面:

①重型工业厂房:例如大型冶金企业、火力发电厂和重型机械制造厂等的一些车间,由于厂房跨度和柱距大、高度高,设有工作繁忙和起重量大的起重运输设备及有较大振动的生产设备,并需兼顾厂房改建扩建要求,常采用由钢柱、钢屋架和钢吊车梁等组成的全钢结构。

②高层及超高层房屋:房屋越高,所受侧向水平作用(如风荷载及地震作用)的影响也越大,采用钢结构可减小柱截面和结构质量,增大建筑物的使用面积,提高房屋抗震性能。

③大跨度结构:由于受弯构件在均布荷载下的弯矩与跨度的平方成正比,当跨度增大到一定程度时,为减轻结构总重,采用自重较轻的钢结构具有突出的优势。

④高耸结构:电视塔、输电线塔等高耸结构采用钢结构,可大大减少地基处理费用,降低

运输费用,当施工现场场地受限时,亦便于施工组织。

⑤密闭结构:密闭性要求较高的高压容器、煤气柜、储油罐、高炉和高压输水管等,适合采用钢板壳结构。

⑥临时结构:需经常装拆和移动的结构,如各类钢脚手架、塔式起重机和采油井架等。

此外,大跨桥梁结构、水工结构中的闸门、各种工业设备的支架(如锅炉支架)等,也常采用钢结构。随着我国钢年产量超过4亿吨,除了上述传统采用钢结构的领域外,钢结构在高速公路、铁路、物流业乃至游乐设施等越来越多的领域得到了越来越广泛的应用。

1.1.4 砌体结构的特点与应用

砌体是由砖、石或各种砌块用砂浆砌筑黏结而成的材料。由砌体构成墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构。由普通烧结砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砖砌体结构;由天然毛石或经加工的料石与砂浆砌筑而成的结构称为石砌体结构;由普通混凝土、轻骨料混凝土等材料制成的空心砌块作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砌块砌体结构。根据需要,在砌体的适当部位配置水平钢筋、钢筋网或竖向钢筋作为建筑物主要受力构件的结构统称为配筋砌体结构。砖砌体结构、石砌体结构、砌块砌体结构以及配筋砌体结构统称为砌体结构,在铁路、公路、桥涵等工程中又称为圬工结构。在我国悠久的历史中,砌体结构应用非常广泛,其中,石砌体结构与砖砌体结构更是源远流长。

砌体结构具有下列优点:

①砌体结构材料(如石材、黏土、砂等)是天然材料,分布广、易于就地取材。此外,工业废料(如煤矸石、粉煤灰、页岩等)也是制作块材的原料,用来生产砖或砌块不仅可以降低造价,还有利于环境保护。

②采用砌体结构较现浇钢筋混凝土结构可以节约水泥、钢材和木材。砌体结构施工不要求特殊的技术设备,砌体结构施工操作简单快捷。一般新铺砌体即可承受一定荷载,因而可以连续施工;在寒冷地区,必要时还可以采用冻结法施工。

③砌体结构具有很好的耐火性和较好的耐久性,使用年限长。

④砌体结构特别是砖砌体结构的保温、隔热性能良好,砖墙房屋能调节室内湿度,节能效果明显。

⑤当采用砌块或大型板材作为墙体时,可以减轻结构自重,加快施工进度,进行工业化生产和施工。采用配筋混凝土砌块的高层建筑较现浇钢筋混凝土高层建筑可节省模板,加快施工进度。

⑥随着高强度混凝土砌块等块体的开发和利用,专用砌筑砂浆和灌孔混凝土材料的发展,配筋砌块砌体剪力墙结构在等厚度墙体内可随平面和高度方向改变质量、刚度、配筋,有利于抗震,在高层民用建筑应用中取得了较大的进展。

砌体结构也具有以下缺点:

①砌体结构自重大、强度不高,特别是抗拉、抗剪及抗弯强度很低,因此,砌体结构截面尺寸一般较大,材料用量较多。

②砂浆和砖、石、砌块之间的黏结力较弱,结构延性差,抗震能力低,必要时可采用配筋

砌体或高黏结性砂浆来提高结构的承载力和延性。

③砌体结构砌筑工作繁重。砌体施工基本采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低,需要进一步推广砌块、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法。

④制造黏土砖往往占用农田,影响农业生产,且对保持生态平衡也很不利,因此必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖等替代黏土砖。

砌体结构具有很多明显的优点,应用范围广泛,但砌体结构存在的缺点也限制了其在某些环境中的应用。采用砌体可以建造房屋的承重结构及其他的部件,包括基础等。无筋砌体房屋一般可建5~7层,配筋砌块剪力墙结构房屋可建8~18层。在某些产石材的地区,也可以用毛石或料石建造房屋,目前已有建到5层的。采用砌体可以建造特种结构,如烟囷、管道支架、对渗水性要求不高的水池等。在交通运输建设方面,砌体结构可用于桥梁工程、隧道工程、地下渠道、涵洞、挡土墙等方面。在水利建设方面,可用石材砌筑坝和渡槽等。

砌体结构是用单块块材和砂浆砌筑而成的,目前大多是手工操作,质量较难保证均匀一致,无筋砌体抗拉强度低,抗裂、抗震性能较差,在应用时应注意有关规范、规程的使用范围,在地震区采用砌体结构,应采取必要的抗震措施。当采用配筋砌体乃至预应力砌体时,砌体结构的尺度可以增大而截面可以减小,同时应用范围还可扩大。

1.1.5 结构抗震的发展

我国是一个多地震国家,历史上曾发生过多地强烈地震,近几十年来更是地震频繁,且在人口稠密的大城市和工业区不断发生。1976年7月28日,北京时间凌晨3时42分,在人口达百余万的工业城市唐山市,发生了里氏7.8级的强烈地震。震中位置在市区东南,震源深度约11 km,有明显的地震断裂带贯通全市。市区大部陷入地震烈度高达11度的极震区,房屋建筑普遍倒塌、场地破坏,如图1.7、图1.8所示。震害遍布唐山外围十余县,波及百余千米外的北京、天津等重要城市;死亡24万余人,伤残16万余人,灾情之重,为世界地震史上所罕见。



图 1.7 房屋损毁



图 1.8 场地破坏

2008年5月12日14时28分,发生在四川汶川的里氏8.0级特大地震,震源深度14 km左右,震中烈度超12度。此次地震不仅在震中区附近造成灾难性的破坏,而且在四川省和邻近省市大范围造成破坏,震感更是波及全国绝大部分地区乃至国外。“5·12”汶川大地震,使得44万余平方千米土地、4 600多万人口遭受灾难袭击。其中,重灾区面积达12.5万余平方千米,房屋倒塌778.91万间,损坏2 459万间,如图1.9~图1.12所示。地震造成6.9万

多人死亡,1.7 万多人失踪,37 万多人受伤,这是新中国成立以来破坏力最强、经济损失最大、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震灾害。



图 1.9 砌体结构损毁



图 1.10 房框结构楼梯毁损



图 1.11 农房毁损



图 1.12 农房损毁

地震不但造成大量房屋倒塌、破坏,还引起山体崩塌、滚石、滑坡、道路破坏、堰塞湖等地质灾害和次生灾害,由此造成大量人员伤亡、财产损失。

研究解析地震的成因及其内在运动规律,认真总结地震的特点和经验教训,从中积累防御地震灾害的宝贵经验,减少未来大地震给人类可能造成的损害。地震带给人们灾难的同时,也检验了建筑物的质量和现行设计标准的合理性。

新中国成立 60 多年后,我国总结了历次强震的抗震经验,形成了一门新的学科,即“抗震防灾学”。“抗震防灾学”是通过工程技术手段,采取各种防范措施,以尽量减轻地震灾害的科学。《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(以后简称为《抗震规范》)充分吸收了国内外大地震的经验教训,有价值的科学研究成果和工程实践经验,从 1966 年邢台地震以后提出的“基础深一点、墙壁厚一点、屋顶轻一点”的概念,到 1976 年唐山地震以后创造的砖房加“构造柱圈梁”技术,直到今天的“小震不坏,中震可修,大震不倒”的“三水准”抗震设防理论,《抗震规范》也经历了数次变更和修改。1974 年版《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11—74)(试行),是我国第一本初级的、反映当时技术和经济水平的低设防水平的规范,但仅有一些简单的基本规定;1978 年版《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11—78),第一次

提出了适用于设防烈度 7~9 度工业与民用建筑的抗震设计要求,但 6 度区仍为非设防区,也未提出“大震不倒”的设防标准;1989 年版《建筑抗震设计规范》(GBJ 11—89),增加了对 6 度区的抗震设防要求,提出了强度验算和变形验算的两阶段设计要求,增加了砌块房屋、钢结构单层厂房和土、木、石房屋抗震设计内容;2001 年,《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)颁发。89 规范和 2001 规范引入了弹塑性分析法和时程分析法抗震计算,提出了“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标。现行的 2010 版《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010),从 2010 年 12 月 1 日开始实施,建筑抗震性能设计方法被明确地编入其中,充实了中国特色的“三水准两阶段”抗震设防理念。

随着社会的发展进步,我国抗震设防标准也在不断完善。《抗震规范》是为实现工程抗震设防目标而制定的工程技术标准。任何一个国家的抗震设计规范都与其当时的工程、材料技术水平和经济发展水平密切相关。《抗震规范》版本的升级,反映了我国工程抗震科学技术与工程实践的发展和进步。

1.2 本课程的要求

1.2.1 本课程的主要内容

本课程属于土木施工类专业基础课,主要介绍三大结构——钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构的抗震基本知识及构造措施。本课程的教学目的是使学生通过课程学习,能熟知与之相关的基本概念,掌握结构施工图中的抗震设计要求、抗震措施、计算基本步骤等,进而能运用所获得的基本理论知识解决一般工程中的结构问题。通过本课程的学习,为今后的现场从事施工技术打下了坚实的基础。

1.2.2 本课程的特点和学习方法

本课程的特点是内容多、符号多、公式多、构造规定也多,在学习中要注意理解概念,忌死记硬背、生搬硬套,要突出重点、难点的学习,特别要做好复习总结工作。本课程和许多课程关系密切,互相呼应配合,有的需要先行掌握,有的是后续课程,如熟悉建筑材料课程中有关混凝土和钢材的基本知识,掌握建筑结构、房屋构造课程等基础知识等。

因此,学习本课程时必须要注意以下几点:

①正确理解计算公式。本门课程研究的对象不再是各向同性的弹性材料,而是整个结构体,同时还有其他很多因素影响其性能。目前从研究的现状水平而言,有些方面的强度理论还不够完善,在某些情况下,构件承载力和变形的取值还得参照试验资料的统计分析,处于半经验半理论状态,故学习时要正确理解其本质现象并注意计算公式的适用条件。

②工程项目的建设是国家的重要工作,必须依照国家颁布的法规进行。设计规范或规程是具有约束力的文件,其目的是使工程结构的设计在符合国家经济政策的条件下,保证设计的质量和工程项目的安全可靠。在施工中要严格按照施工图执行。因此在学习中,有关基本理论的应用最终都要落实到施工图纸中。

③要重视构造要求。包括《抗震规范》在内的系列规范根据长期的工程实践经验,总结

一些构造措施来考虑这些因素的影响。因此,在学习本课程时,除了对各种计算公式了解和掌握外,对于各种构造措施也必须给予足够的重视。

复习思考题

1. 结构主要分为哪几种? 它们主要的优缺点分别是什么?
2. 钢筋和混凝土结合在一起共同工作的基础有哪些?
3. 简述我国建筑抗震的发展历程。
4. 本课程包括哪些内容? 它与哪些课程密切相关?
5. 学习本课程应注意的要点是什么?