

钢与混凝土 组合结构

STEEL-CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES

主编 薛建阳

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 赵鸿铁

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

钢与混凝土组合结构

Steel-concrete Composite Structures

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良

李杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

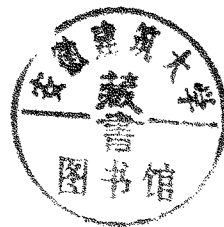
本书主编 薛建阳

本书主审 赵鸿铁

本书编写委员会

薛建阳 何建 薛刚

范圣刚 李云云



华中科技大学出版社
(中国·武汉)

图书在版编目(CIP)数据

钢与混凝土组合结构/薛建阳 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年9月
ISBN 978-7-5609-4174-5

I. 钢… II. 薛… III. 钢筋混凝土结构:组合结构-高等学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第133624号

钢与混凝土组合结构

薛建阳 主编

责任编辑:蒋玉霞

封面设计:张璐

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:湖北新华印务有限公司

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:20.5

字数:400 000

版次:2007年9月第1版

印次:2007年9月第1次印刷

定价:38.00元

ISBN 978-7-5609-4174-5/TU·192

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书为高等院校土木工程专业的专业基础课教材,是根据我国现行有关钢与混凝土组合结构的设计规范、规程与最新研究成果编写而成的。全书共分8章,包括绪论、材料的物理力学性能、以概率理论为基础的极限状态设计方法的基本原理以及压型钢板与混凝土组合板、钢与混凝土组合梁、型钢混凝土结构、钢管混凝土柱和外包钢混凝土结构等,主要讲述组合结构及构件的受力性能、设计计算方法和构造措施。书中配有必要的例题、思考题与习题。

本书可作为高等院校土木工程专业的本科生教材,也可供研究生和相关专业的设计、施工和科研人员参考。

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点:

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容和数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士

王 思 敬

2006年6月于北京

前 言

钢与混凝土组合结构是现代工程结构中一种重要的新型结构体系,它兼有钢筋混凝土结构和钢结构的共同优点,具有承载能力高、刚度大、延性和抗震性能好、自重轻、节约材料等突出特点,符合土木工程结构的发展方向。钢与混凝土组合结构在许多实际工程中得到了应用,尤其是最近 20 年来已在工业厂房、构筑物、大跨度桥梁、高层和超高层建筑中得到了广泛应用,取得了良好的经济效益和社会效益。

钢与混凝土组合结构在国外的研究和应用较早,其计算方法先后被日本、前苏联和欧美等国家列入本国的设计规范或规程。我国对组合结构开展系统而深入的研究主要是在 20 世纪 80 年代以后,至今已取得了一些丰硕的成果,对组合结构受力性能的认识日臻成熟,颁布了一些组合结构的设计规程,同时许多高校也相继开设了钢与混凝土组合结构课程。

本书的内容包括材料的物理力学性能、组合结构设计的基本原理、压型钢板与混凝土组合板、钢与混凝土组合梁、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和外包钢混凝土结构等。在编写过程中,注意内容的系统性、先进性和适用性,主要讲述计算理论、设计方法和构造措施,力求做到由浅入深、循序渐进、重点突出,基本概念论述清楚,以满足教学要求。书中有相当数量的例题,有利于学生理解和掌握设计原理。为便于自学,每章都有学习要点、小结、思考题和习题等内容。

本书共分 8 章,其中第 1 章、第 2 章的 2.3 节和第 8 章由西安建筑科技大学薛建阳执笔,第 3 章和第 7 章由哈尔滨工程大学何建执笔,第 2 章的 2.1 和 2.2 节、第 6 章的 6.1~6.5 和 6.9 节由内蒙古科技大学薛刚执笔,6.6~6.8 节由李云云执笔,第 4 章和第 5 章由东南大学范圣刚执笔。全书由薛建阳任主编,何建、薛刚任副主编。

西安建筑科技大学赵鸿铁教授审阅了全书并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。同时一并感谢参与本书资料整理工作的东南大学进修教师刘小萤和东南大学钢结构研究发展中心的谢甫哲和杨占兴。

由于作者水平有限,书中难免存在不当或不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2007 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
第 2 章 材料的物理力学性能	(6)
2.1 钢材的物理力学性能	(7)
2.1.1 单向拉伸时的工作性能	(7)
2.1.2 冷弯性能	(7)
2.1.3 冲击韧性	(8)
2.1.4 钢材的主要化学成分	(9)
2.1.5 钢材的规格和选用	(9)
2.1.6 结构用钢材的基本性能要求	(9)
2.2 混凝土的物理力学性能	(12)
2.2.1 混凝土的抗压强度	(13)
2.2.2 混凝土的抗拉强度	(13)
2.2.3 混凝土的变形	(15)
2.3 钢与混凝土的抗剪连接	(16)
【本章小结】	(19)
【思考题】	(22)
第 3 章 结构设计的基本原则	(22)
3.1 极限状态设计原则	(23)
3.1.1 建筑结构的性能要求	(23)
3.1.2 结构可靠度和安全等级	(23)
3.1.3 结构的极限状态	(24)
3.1.4 结构上的作用、作用效应结构抗力	(25)
3.1.5 结构的极限状态方程	(25)
3.2 荷载和材料强度的取值	(26)
3.2.1 荷载代表值	(27)
3.2.2 材料强度标准值	(27)
3.3 概率极限状态设计方法	(28)
3.3.1 结构安全度的三种处理方法	(29)
3.3.2 可靠度、失效概率、可靠指标	(29)
3.3.3 目标可靠指标	(30)
3.3.4 极限状态设计表达式	(31)
【本章小结】	(32)

【思考题】	(36)
第4章 压型钢板与混凝土组合板	(37)
4.1 概述	(38)
4.1.1 压型钢板与混凝土组合板的性能	(38)
4.1.2 压型钢板与混凝土组合板的形式	(38)
4.2 压型钢板的型号与截面特性	(39)
4.2.1 压型钢板的材料	(41)
4.2.2 压型钢板的截面尺寸要求	(41)
4.2.3 压型钢板的型号及截面特性	(41)
4.2.4 压型钢板受压翼缘的有效宽度 b_{ef}	(42)
4.2.5 压型钢板的加劲肋刚度	(46)
4.2.6 压型钢板的连接方式	(47)
4.3 组合楼板的破坏模式	(48)
4.3.1 纵向水平剪切黏结破坏	(49)
4.3.2 正截面弯曲破坏	(49)
4.3.3 斜截面剪切破坏	(50)
4.3.4 局部冲切破坏	(50)
4.3.5 压型钢板局部失稳破坏	(51)
4.3.6 其他形式破坏	(51)
4.4 组合楼板的计算方法、荷载及原则	(51)
4.4.1 计算方法	(52)
4.4.2 荷载计算	(52)
4.4.3 计算原则	(52)
4.5 组合楼板的承载力计算	(53)
4.5.1 组合楼板的施工阶段承载力计算	(56)
4.5.2 组合楼板的使用阶段承载力计算	(56)
4.6 组合楼板的挠度、裂缝宽度和自振频率的计算	(56)
4.6.1 组合楼板的挠度计算	(63)
4.6.2 组合楼板的裂缝宽度计算	(63)
4.6.3 组合楼板的自振频率计算	(65)
4.7 组合楼板的构造要求	(66)
4.8 组合楼板的工程实例	(67)
4.8.1 设计资料	(73)
4.8.2 截面特性	(73)
4.8.3 施工阶段的验算	(73)
4.8.4 使用阶段的验算	(74)
【本章小结】	(75)

【思考题】	(77)
【习题】	(78)
第 5 章 钢与混凝土组合梁	(78)
5.1 概述	(79)
5.1.1 组合梁的特点	(79)
5.1.2 组合梁的组成	(79)
5.1.3 组合梁的形式	(80)
5.1.4 组合梁的工作原理及受力特点	(82)
5.2 组合梁的试验研究	(84)
5.2.1 组合梁截面的受弯破坏机理	(86)
5.2.2 组合梁截面的应变分布及延性	(86)
5.2.3 组合梁的纵向滑移效应	(89)
5.3 组合梁的承载力计算	(91)
5.3.1 组合梁的计算方法、设计原则及荷载	(93)
5.3.2 组合梁按弹性理论的计算	(93)
5.3.3 组合梁按塑性理论的计算	(98)
5.3.4 连续组合梁的内力分析和承载力计算	(108)
5.4 组合梁的抗剪连接件设计	(110)
5.4.1 抗剪连接件的受力性能	(112)
5.4.2 单个抗剪连接件的抗剪承载力	(112)
5.4.3 抗剪连接件的设计方法	(113)
5.4.4 钢梁与混凝土翼板接触面上的纵向抗剪验算	(117)
5.5 组合梁的稳定性分析	(121)
5.5.1 组合梁的整体稳定性	(124)
5.5.2 组合梁的局部稳定性	(124)
5.6 组合梁的挠度计算	(125)
5.6.1 组合梁挠度计算的基本原则	(126)
5.6.2 简支组合梁的挠度计算	(126)
5.6.3 连续组合梁的挠度计算	(127)
5.7 组合梁的裂缝宽度计算	(129)
5.7.1 组合梁裂缝宽度验算	(129)
5.7.2 组合梁最大裂缝宽度计算	(130)
5.7.3 组合梁的裂缝控制措施	(130)
5.8 组合梁的构造要求	(131)
5.8.1 组合梁的截面尺寸要求	(132)
5.8.2 组合梁中钢梁的构造要求	(132)
5.8.3 组合梁中混凝土翼板和板托的构造要求	(132)

5.8.4 组合梁中抗剪连接件的构造要求	(133)
5.9 组合梁的设计例题	(135)
5.9.1 设计资料	(138)
5.9.2 次梁设计——采用塑性理论计算	(138)
5.9.3 主梁设计——采用弹性理论计算	(138)
【本章小结】	(146)
【思考题】	(158)
【习题】	(158)
第6章 型钢混凝土结构	(159)
6.1 概述	(162)
6.2 型钢混凝土构件的一般构造要求	(162)
6.2.1 型钢部分	(163)
6.2.2 钢筋混凝土部分	(163)
6.2.3 保护层厚度	(164)
6.2.4 抗剪连接件	(164)
6.3 型钢混凝土梁正截面承载能力分析	(165)
6.3.1 试验研究	(165)
6.3.2 配实腹钢的型钢混凝土梁正截面承载能力计算	(165)
6.3.3 《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)建议公式	(167)
6.3.4 《钢骨混凝土结构设计规程》(YB 9082—1997)受弯承载力计算方法	(176)
6.4 型钢混凝土梁斜截面承载能力分析	(177)
6.4.1 试验研究	(179)
6.4.2 影响梁抗剪承载力的因素	(179)
6.4.3 配实腹型钢梁的抗剪承载力计算	(181)
6.5 型钢混凝土梁的裂缝和变形计算	(182)
6.5.1 裂缝开展过程及分布特征	(187)
6.5.2 裂缝宽度验算	(187)
6.5.3 裂缝宽度限值	(188)
6.5.4 挠度验算	(189)
6.5.5 型钢混凝土梁的构造要求	(190)
6.6 型钢混凝土柱正截面承载力分析	(191)
6.6.1 轴心受压柱正截面承载力分析	(193)
6.6.2 偏心受压柱正截面承载力分析	(193)
6.7 型钢混凝土柱斜截面承载力计算	(195)
6.7.1 试验研究分析	(204)

6.7.2 斜截面抗剪承载力计算	(204)
6.8 型钢混凝土柱的构造要求	(206)
6.8.1 型钢	(210)
6.8.2 纵向受力钢筋	(210)
6.8.3 箍筋	(211)
6.8.4 混凝土强度等级及柱截面形状和尺寸	(211)
6.9 节点计算	(211)
6.9.1 节点受力性能分析	(211)
6.9.2 节点剪力计算	(211)
6.9.3 节点抗剪承载力计算	(215)
6.9.4 节点构造	(217)
【本章小结】	(218)
【思考题】	(219)
【习题】	(219)
第7章 钢管混凝土柱	(221)
7.1 钢管混凝土结构的组成	(221)
7.1.1 钢管混凝土杆件	(221)
7.1.2 钢管混凝土结构	(221)
7.2 钢管混凝土柱设计基本参数	(222)
7.2.1 含钢率	(222)
7.2.2 约束效应系数	(222)
7.2.3 约束效应系数与杆件延性	(223)
7.2.4 长径比、长细比	(224)
7.2.5 径厚比	(224)
7.2.6 轴压比	(224)
7.3 钢管混凝土柱受力特点和工作性能	(227)
7.3.1 轴心受力构件	(227)
7.3.2 纯弯构件	(232)
7.3.3 压弯构件	(233)
7.4 圆钢管混凝土柱承载力计算	(237)
7.4.1 套箍指标设计法	(237)
7.4.2 强度增值设计法	(243)
7.4.3 组合强度设计法	(247)
7.5 方钢管混凝土柱承载力计算	(257)
7.5.1 方管柱的特点	(257)
7.5.2 GJB 4142—2000 规程计算方法	(259)
7.5.3 简单叠加法	(263)

7.6 节点构造措施及设计原则	(266)
7.6.1 钢管混凝土梁柱节点的构造措施	(266)
7.6.2 其他节点的构造	(273)
7.7 钢管混凝土的施工	(274)
7.7.1 钢管的制作、安装及质量检验	(274)
7.7.2 钢管内混凝土的施工及质量检验	(276)
【本章小结】	(279)
【思考题】	(279)
【习题】	(279)
第8章 外包钢混凝土结构	(281)
8.1 角钢骨架承担施工荷载的强度和变形计算	(282)
8.1.1 施工荷载	(282)
8.1.2 承重骨架形式	(282)
8.1.3 角钢骨架的内力分析方法	(283)
8.1.4 角钢骨架的变形计算	(283)
8.2 外包钢混凝土梁的极限承载力	(285)
8.2.1 梁的类型	(285)
8.2.2 梁的正截面受弯承载力计算	(286)
8.2.3 梁的斜截面受剪承载力计算	(288)
8.3 外包钢混凝土梁的裂缝宽度与变形验算	(290)
8.3.1 裂缝宽度验算	(290)
8.3.2 变形验算	(291)
8.4 外包钢混凝土柱的承载力计算	(292)
8.4.1 轴心受压柱正截面受压承载力计算	(292)
8.4.2 偏心受压柱正截面受压承载力计算	(294)
8.4.3 斜截面受剪承载力计算	(298)
8.5 构造要求	(298)
8.5.1 材料	(298)
8.5.2 构造	(299)
【本章小结】	(299)
【思考题】	(300)
【习题】	(300)
附录	(301)
参考文献	(313)

第 1 章 绪 论

【基本要求】

- ① 了解钢与混凝土组合结构的基本概念；
- ② 了解组合结构的基本类型及其特点；
- ③ 了解组合结构的发展概况及其应用。

由两种或两种以上性质不同的材料组合成整体,共同受力、协调变形的结构,称为组合结构。

组合结构根据组成材料的不同,可以分为诸多种类型,本书所讲述的钢与混凝土组合结构是其中较为常见的一种,且专指型钢或用钢板焊接成的钢骨架,与混凝土形成一体的结构。钢与混凝土组合结构能充分发挥钢与混凝土两种材料各自的优势,具有承载能力高、刚度和延性大、抗震性能好的优点,且造价相对较低,施工方便。因此,组合结构在国内外的应用越来越广泛,成为继传统的木结构、砌体结构、钢结构和钢筋混凝土结构之后的第五大结构体系。

目前常用的钢与混凝土组合结构有五大类,即压型钢板与混凝土组合板、钢与混凝土组合梁、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和外包钢混凝土结构。

1. 压型钢板与混凝土组合板

压型钢板与混凝土组合板是在带有各种形式凹凸肋或各种形式槽纹的压型钢板上浇筑混凝土而形成的板,其截面形式如图 1-1 所示。压型钢板与混凝土之间的组合作用,就是依靠压型钢板上凹凸不平的齿槽、加劲肋或设置的抗剪连接件获得的。压型钢板既可作为施工阶段浇筑混凝土的永久性模板,又可兼作使用阶段组合板的受力钢筋,因此可使结构施工速度快、受力合理、经济效益显著。

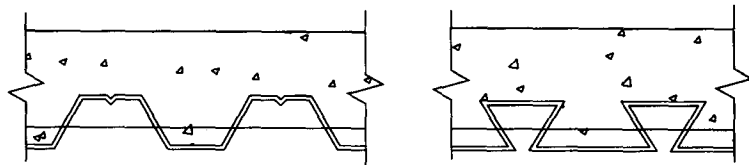


图 1-1 压型钢板与混凝土组合板的截面

20 世纪 60 年代,日本和欧美的一些国家开始将压型钢板与混凝土组合板应用于多、高层民用建筑和工业厂房,当时仅把压型钢板当作永久性模板及施工作业平台使用。后来人们逐渐发现,在压型钢板上做出凹凸肋或压出不同形式的槽纹,可以改

善钢板与混凝土之间的黏结性能,保证两者共同工作,使压型钢板像受拉钢筋一样受力,之后便开展了大量的试验研究与理论分析,探讨了组合板的正截面抗弯、纵向抗剪及耐火性能。20 世纪 60 年代末,美国钢结构学会(AISC)以及国际桥梁和结构工程联合会相继制定了关于组合结构的统一规定。日本建筑学会(AIJ)于 1970 年颁布的《压型钢板结构设计与施工规程》,欧洲钢结构协会于 1981 年制定的《组合结构规程及说明》,欧洲经济共同体建筑与土木工程部(ECCS)1985 年制定的《钢与混凝土组合结构》,澳大利亚 AS 2327-Part2-1980 规范等,都含有关于压型钢板与混凝土组合板的条文及规定。

20 世纪 80 年代中期,压型钢板与混凝土组合板被引入我国,广大科技工作者对其基本力学性能展开了研究。原冶金部建筑研究总院、哈尔滨建筑大学和西安建筑科技大学等单位对压型钢板的造型、加工工艺、抗剪连接设计和耐久极限等配套技术和指标进行了大量的研究与开发,制定了冶金行业标准《钢-混凝土组合楼盖结构设计施工规程》(YB 9238-1992)。建设部行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99-1998)、国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)以及电力行业标准《钢-混凝土组合结构设计规程》(DL/T 5085-1999)中也有组合楼板的设计规定。我国目前的一些高层钢结构房屋的楼盖系统中已广泛使用了压型钢板与混凝土组合板。

2. 钢与混凝土组合梁

钢与混凝土组合梁是将型钢梁和混凝土翼板通过抗剪连接件相连而形成的一个整体共同工作的一种梁,其截面形式如图 1-2 所示。这种梁能充分发挥混凝土抗压强度高和钢材抗拉性能好的优势,提高了梁的刚度和稳定性。它不仅重量轻,施工速度快,还可增加房屋的净空高度,获得显著的经济效益。

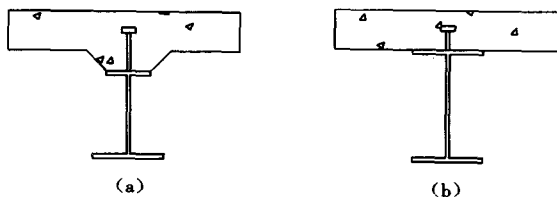


图 1-2 钢与混凝土组合梁

(a)带板托的组合梁;(b)无板托的组合梁

钢与混凝土组合梁在 20 世纪 20 年代已开始应用,在 30 年代中期人们开始研究钢梁和混凝土翼板之间多种抗剪连接构造方法。最初,组合梁是按换算截面法进行计算,即将组合梁视为一个整体,将组合截面换算成同一材料的截面,然后根据弹性理论进行截面设计。60 年代以后,则逐渐转入塑性理论分析,重点研究组合梁的静、动力性能,部分连接组合梁的工作性能,连续组合梁、预应力组合梁的受力性能以及钢梁与混凝土翼板交界面上的相对滑移对组合梁的影响等。

在国外,钢与混凝土组合梁已广泛应用于桥梁结构中的大跨桥面梁、工业建筑中

的重载平台梁和吊车梁,以及民用建筑高层、超高层结构的组合楼盖与屋盖中,许多国家都有关于组合梁的设计规定(如欧洲组合结构规程 EC—4)。我国自 20 世纪 50 年代开始使用组合梁,目前的应用范围已涉及建筑、桥梁、高耸结构、地下结构和结构加固等领域,国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003),已将钢与混凝土组合梁作为一章专门列入。

3. 型钢混凝土结构

型钢混凝土结构又称钢骨混凝土结构或劲性钢筋混凝土结构,它是指在混凝土中主要配置型钢、并配有一定纵向钢筋和箍筋的结构。根据配钢形式的不同,型钢混凝土结构可以分为实腹式配钢和空腹式配钢两大类。目前在抗震结构中多采用实腹式配钢型钢混凝土构件,常见的型钢混凝土柱、梁和节点等构件形式见图 1-3。

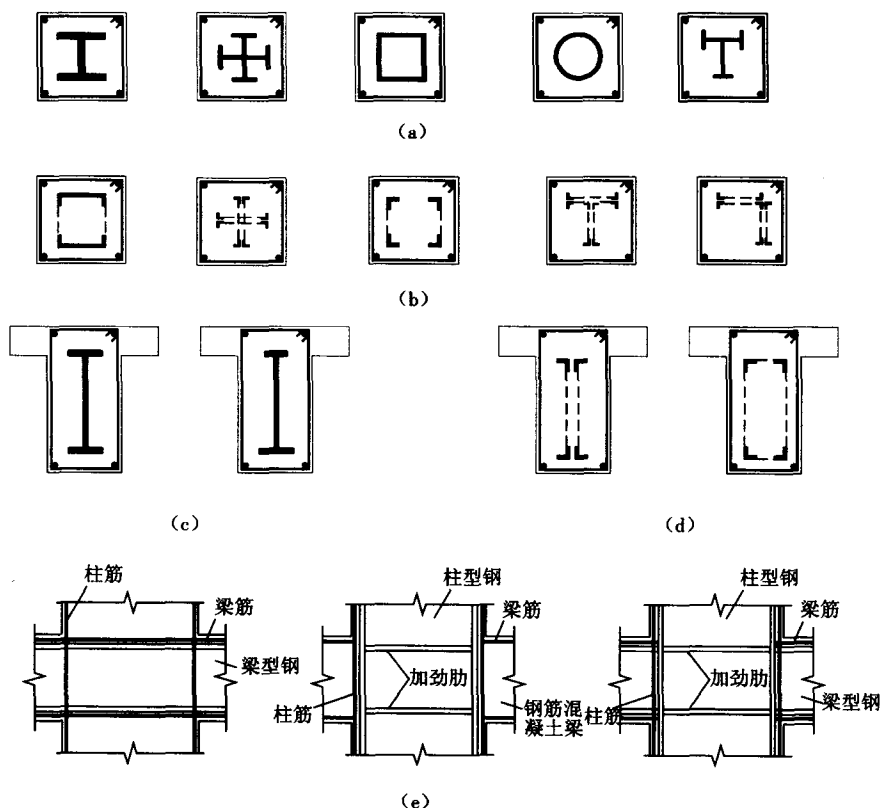


图 1-3 型钢混凝土柱、梁和节点形式

(a)实腹式配钢型钢混凝土柱截面;(b)空腹式配钢型钢混凝土柱截面

(c)实腹式配钢型钢混凝土梁截面;(d)空腹式配钢型钢混凝土梁截面

(e)型钢混凝土节点

欧美国家从 20 世纪初已开始应用型钢混凝土结构,最初采用混凝土包裹型钢仅是

为了提高钢柱的耐火性,因此不考虑混凝土的作用,仍按钢结构的方法进行计算,后来才逐步认识到外包混凝土对柱子强度和刚度的提高是有贡献的。日本特别重视型钢混凝土结构的研究和工程应用。采用型钢混凝土结构的日本兴业银行,是一幢地上7层,地下1层,高约30 m的建筑物,它经历了1923年的关东大地震而几乎没有破坏,从此以后,型钢混凝土结构以其优越的抗震性能而被大量采用。截至1985年,日本采用型钢混凝土结构的建筑面积占总建筑面积的62.8%,10~15层的高层建筑中采用型钢混凝土结构的建筑物占总幢数的90%左右。20世纪30年代至60年代,日本的型钢混凝土结构以空腹式配钢为主,70年代以后则以实腹式配钢为主要形式。2001年,经第四次修订,日本建筑学会颁布了新的型钢混凝土结构设计规程。前苏联对型钢混凝土结构的研究也相当重视,并在第二次世界大战后的恢复建设中,大量地使用了型钢混凝土结构建造厂房。1978年出版了《型钢混凝土结构设计指南》(СН 3—1978),它主要以实腹式配钢为主要内容,强调了纵向钢筋和箍筋的作用。

我国最早于20世纪50年代从前苏联引进型钢混凝土结构,并在工业厂房中得到了应用。这一时期的建筑物多采用空腹式配钢形式。后来由于片面强调节约钢材,型钢混凝土结构的研究和应用处于停滞状态。20世纪80年代以后,型钢混凝土结构又一次在我国兴起,原冶金部建筑研究总院、西安建筑科技大学、西南交通大学、东南大学、清华大学等高等学校和科研单位对型钢混凝土结构进行了广泛而深入的研究,相继颁布实施了冶金行业标准《钢管混凝土结构设计规程》(YB 9082—1997)和建设部行业标准《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)。

4. 钢管混凝土结构

钢管混凝土结构是在钢管内填充混凝土而形成的结构。在钢管内可以配置钢筋,也可只填充混凝土。钢管混凝土结构按截面形式的不同,分为圆钢管混凝土、方钢管混凝土和多边形钢管混凝土结构,如图1-4所示。其中以圆钢管混凝土和方钢管混凝土的应用较为普遍。

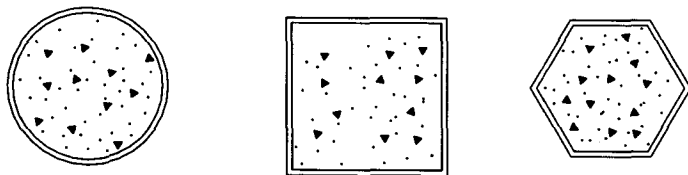


图1-4 钢管混凝土构件截面形式

钢管混凝土结构的出现和应用已有百余年的历史。最早的钢管混凝土工程是1879年英国的赛文铁路桥的钢管桥墩,当时在钢管内填充混凝土主要是为了防止钢材锈蚀,并没有考虑钢管与核心混凝土间的相互作用对承载能力的提高。20世纪初,美国在一些单层和多层厂房中采用了圆形钢管混凝土柱作为承重柱。60年代前后,日本、前苏联及欧美等一些工业发达国家对钢管混凝土开展了大量的试验研究和

理论分析,阐明了钢管套箍混凝土的工作机理,并用极限平衡法推导出钢管混凝土轴心受压短柱承载力计算公式。80年代后期,随着泵送混凝土技术和高强混凝土的出现,对钢管高强混凝土的研究也日益增多,在高层、超高层建筑中得到了越来越广泛的应用,有关钢管混凝土结构的设计规程已有不少,目前日本建筑学会(AIJ)在房屋建筑方面有钢管混凝土结构设计规程,美国混凝土学会(ACI)和钢结构学会(AISC—LRFD)的设计规程、英国规程 BS 5400、欧洲规范 EC—4 等都给出了钢管混凝土设计方面的规定。

我国对钢管混凝土结构的研究主要集中在钢管中浇筑素混凝土的钢管混凝土结构,原中国科学院哈尔滨土建研究所和建筑材料研究院、哈尔滨建筑大学和中国建筑科学研究院等单位先后对钢管混凝土基本构件的力学性能和设计方法、节点构造和施工工艺等方面进行了比较系统的研究工作。1978年,钢管混凝土结构被列入国家科学发展规划,使这一结构的研究一直延续至今。20世纪60年代中期,钢管混凝土开始在一些厂房柱和地铁工程中采用。进入70年代后,钢管混凝土结构在冶金、造船、电力、建设等行业的厂房、构筑物、高层和超高层建筑、市政桥梁工程中得到广泛的推广应用。20世纪90年代以来,钢管混凝土多用于高层建筑门厅中需要控制截面尺寸的柱;之后,逐步推广应用于整个结构。由于钢管混凝土构件具有截面小、刚度大、延性好、韧性强、承载能力高等优点,钢管混凝土正发展成为强风、强震地区超高层建筑和大跨桥梁结构的一种主导结构形式。我国近十几年先后颁布了几部有关钢管混凝土结构设计的规程,如国家建筑材料工业局标准《钢管混凝土结构设计规程》(JCJ 01—1989)、中国工程建设标准化协会标准《钢管混凝土结构设计规程》(CECS 28:90)、中华人民共和国电力行业标准《钢-混凝土组合结构设计规程》(DL/T 5085—1999)等都给出了圆钢管混凝土结构设计方面的规定。中华人民共和国军用标准《战时军港抢修早强型组合结构技术规程》(GJB 4142—2000)给出了方钢管混凝土结构设计方面的规定。福建省地方工程建设标准《钢管混凝土结构技术规程》(DBJ 13—51—2003)可适用于圆形和方形钢管混凝土结构的设计计算。此外,天津市工程建设标准《天津市钢结构住宅设计规程》(DB 29—57—2003)也给出了钢管混凝土结构设计计算方面的规定。

5. 外包钢混凝土结构

外包钢混凝土结构,亦简称外包钢结构,指在混凝土构件外部配钢板或角钢的结构。它可以满足大中型工业厂房内固定各类管道线路而不需设置预埋件,也可以用于已有建(构)筑物的加固改造。外包钢混凝土构件常见的截面形式如图 1-5 所示。

1970年前苏联首先在基辅第五热电厂主厂房框架中采用了外包钢混凝土结构,随后在乌格列戈尔等几个电厂工程中也采用了外包钢混凝土结构。1977年,莫斯科建筑工程学院完成了一个锻造修理车间的设计,其外包钢双肢柱由钢板连接而成,屋架的受压杆采用了外包钢混凝土,受拉杆采用型钢。与此同时,前苏联等一些科研单位对外包钢混凝土结构的承载能力,外包角钢与混凝土的共同工作性能,横向钢筋与