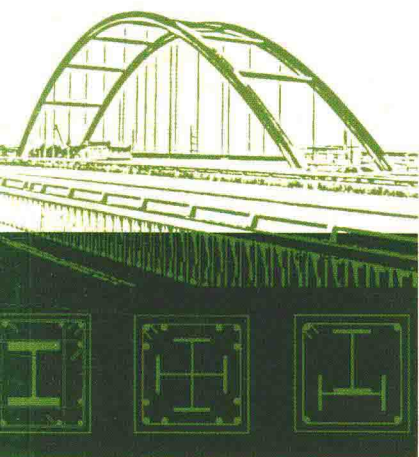


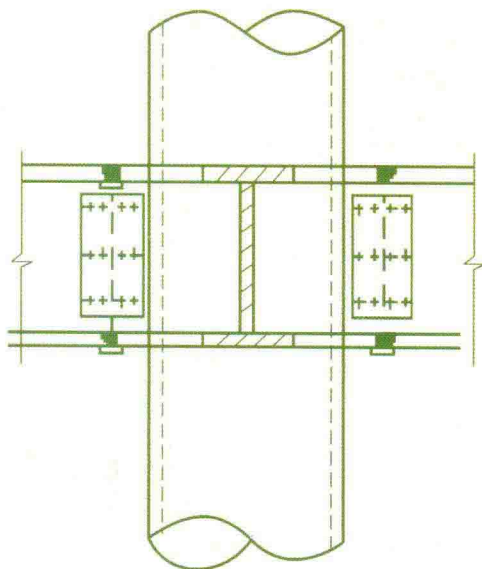
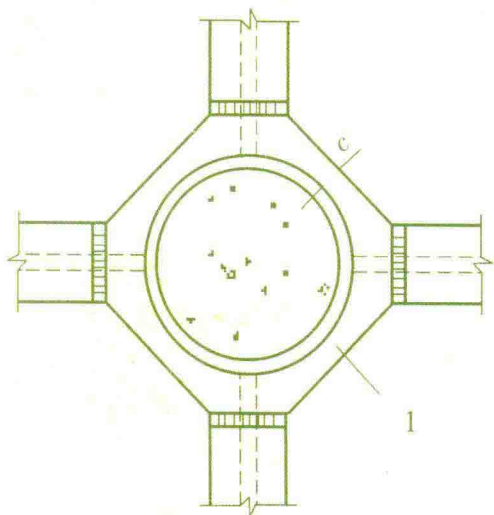
普通高等教育土木工程学科精品规划教材



组合结构

COMPOSITE STRUCTURES

陈志华 尹越 赵秋红 周婷 编著



普通高等教育土木工程学科精品规划教材

组 合 结 构

COMPOSITE STRUCTURES

陈志华 尹 越 赵秋红 周 婷 编著



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材根据最新的专业技术规范编写而成。全书共分6章,内容包括:绪论、压型钢板-混凝土组合板设计、钢-混凝土组合梁设计、圆钢管混凝土柱、矩形钢管混凝土柱、节点构造。全书主要讲述组合结构的基本知识、组合结构及其构件的受力性能、计算原理与设计方法,并配有必要的例题和习题,便于读者理解相关原理,掌握其具体应用。

本书可作为高等院校土木工程专业的本科教材,也可供该专业专科学、研究生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

组合结构/陈志华等编著. —天津:天津大学出版社,2017.10

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

ISBN 978-7-5618-5895-0

I. ①组… II. ①陈… III. ①组合结构-高等学校-教材 IV. ①TU398

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第190140号

出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市海涛印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 9.5
字 数 231千
版 次 2017年10月第1版
印 次 2017年10月第1次
定 价 35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编审委员会

- 主任:顾晓鲁 天津大学教授
- 委员:戴自强 天津大学教授
- 董石麟 浙江大学教授
- 郭传镇 天津大学教授
- 康谷贻 天津大学教授
- 李爱群 东南大学教授
- 李国强 同济大学教授
- 李增福 天津大学教授
- 刘惠兰 天津大学教授
- 刘锡良 天津大学教授
- 刘昭培 天津大学教授
- 石永久 清华大学教授
- 沈世钊 哈尔滨工业大学教授
- 沈祖炎 同济大学教授
- 谢礼立 中国地震局工程力学研究所研究员

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编写委员会

主任:姜忻良

委员:(按姓氏汉语拼音排序)

毕继红 陈志华 丁 阳 丁红岩 谷 岩 韩 明
韩庆华 韩 旭 亢景付 雷华阳 李砚波 李志国
李忠献 梁建文 刘 畅 刘 杰 陆培毅 田 力
王成博 王成华 王 晖 王铁成 王秀芬 谢 剑
熊春宝 闫凤英 阎春霞 杨建江 尹 越 远 方
张彩虹 张晋元 郑 刚 朱 涵 朱劲松



总序

随着我国高等教育的发展,全国土木工程教育状况有了很大的发展和变化,教学规模不断扩大,对适应社会的多样化人才的需求越来越紧迫。因此,必须按照新的形势在教育思想、教学观念、教学内容、教学计划、教学方法及教学手段等方面进行一系列的改革,而按照改革的要求编写新的教材就显得十分必要。

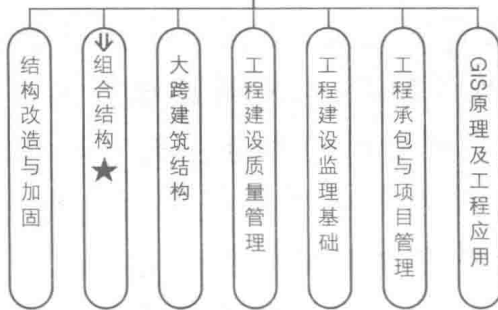
高等学校土木工程学科专业指导委员会编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》),《规范》对规范性和多样性、拓宽专业口径、核心知识等提出了明确的要求。本丛书编写委员会根据当前土木工程教育的形势和《规范》的要求,结合天津大学土木工程学科已有的办学经验和特色,对土木工程本科生教材建设进行了研讨,并组织编写了“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”。为保证教材的编写质量,我们组织成立了教材编审委员会,聘请全国一批学术造诣深的专家作教材主审,同时成立了教材编写委员会,组成了系列教材编写团队,由长期给本科生授课的具有丰富教学经验和工程实践经验的老师完成教材的编写工作。在此基础上,统一编写思路,力求做到内容连续、完整、新颖,避免内容重复交叉和真空缺失。

“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”将陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程学科本科生教育的发展与教学质量的提高以及土木工程人才的培养产生积极的作用,为我国的教育事业和经济建设作出贡献。

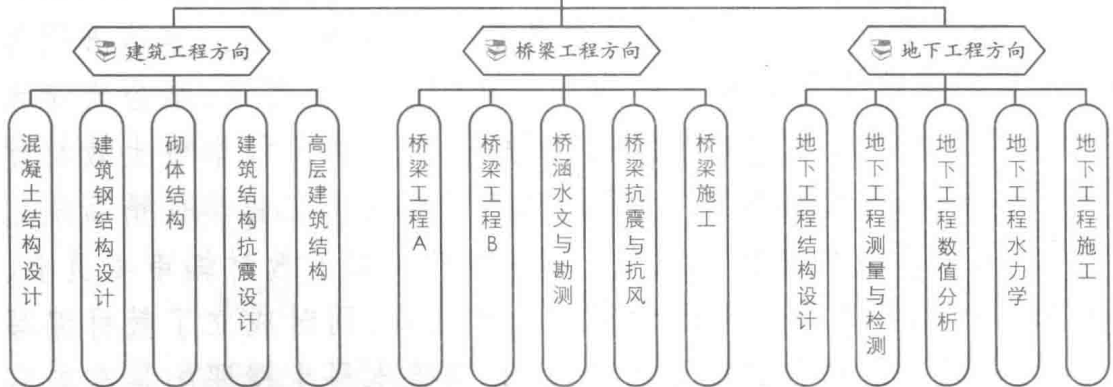
丛书编写委员会

土木工程学科本科生教育课程体系

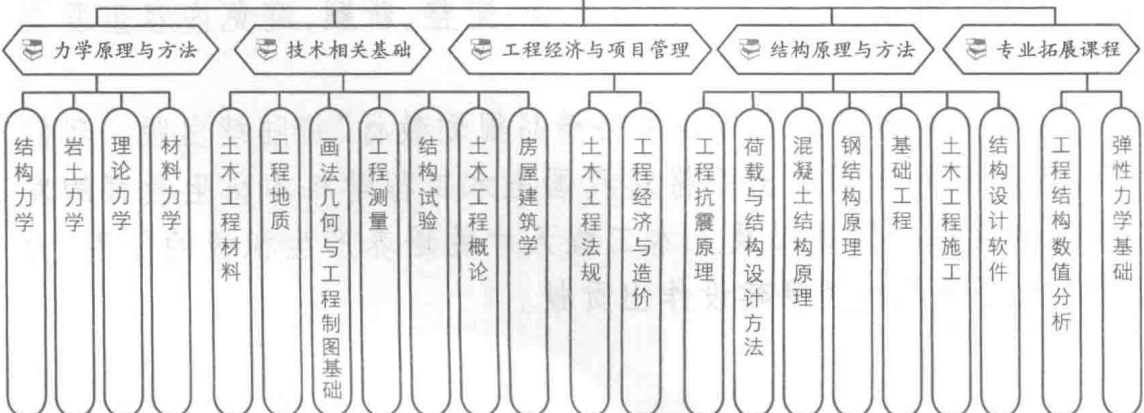
专业任选课程



课群方向课程



学科基础课程





前言

钢与混凝土组合结构兼有混凝土结构和钢结构的优点,具有承载能力高、刚度大、延性和抗震性能好等优势,并且自重较轻、节省材料,便于装配化,符合工程结构的发展方向。目前,钢与混凝土组合结构已成为现代建筑结构中的一种重要结构体系,近20年来,已在多高层和超高层建筑中得到大量应用。

本教材严格根据我国最新颁布的组合结构相关规范和规程进行编写,主要针对组合板、组合梁、组合柱和组合节点,给出了常用组合结构构件的构造形式和计算方法。其中,钢管混凝土柱作为组合结构中最主要的柱子形式,其计算方法一直未有统一的计算公式,本教材将圆钢管混凝土柱和矩形钢管混凝土柱分开编写,给出了全面的计算公式。对于圆钢管混凝土柱的计算,本教材采用了《钢管混凝土结构技术规范》(GB 50936—2014)给出的基于“统一理论”和“拟混凝土理论”的2种计算方法,对于矩形钢管混凝土柱的计算,本教材采用了《天津市钢结构住宅设计规程》(DB/T 29—57—2016)、《矩形钢管混凝土结构技术规程》(CECS 159:2004)和《钢管混凝土结构技术规范》(GB 50936—2014)给出的基于“叠加理论”“统一理论”和“拟钢理论”的3种计算方法,并分别设置了计算例题,方便学习者掌握不同的计算理论,根据具体情况选择计算方法。

全书共分6章。其中,第1章、第4章、第5章、第6章由天津大学陈志华和周婷编写;第2章由天津大学尹越编写;第3章由天津大学赵秋红编写。全书由陈志华主持编写。本教材编写过程中,得到了研究生杜颜胜、刘洋、黄俊、李文葛、任佳妮、王秀泉、周良、雷鹏、赵炳震、张晓萌、张旺、熊清清和曹晟的帮助,特此感谢!

由于作者的水平和学识有限,不妥或错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2017年10月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 组合结构的发展与应用	(1)
1.2 组合结构的分类及特点	(3)
1.3 组合结构的材料	(8)
1.4 基本设计原则及一般规定	(10)
1.5 工程实例	(12)
第 2 章 压型钢板 - 混凝土组合板设计	(24)
2.1 概述	(24)
2.2 压型钢板 - 混凝土组合板的设计原则	(25)
2.3 施工阶段压型钢板设计	(28)
2.4 使用阶段组合板设计	(32)
2.5 压型钢板 - 混凝土组合板的构造要求	(36)
第 3 章 钢 - 混凝土组合梁设计	(42)
3.1 概述	(42)
3.2 组合梁截面的承载力计算	(48)
3.3 抗剪连接件	(65)
3.4 组合梁的变形及构造要求	(73)
第 4 章 圆钢管混凝土柱	(87)
4.1 概述	(87)
4.2 基于统一理论的计算方法	(90)
4.3 基于拟混凝土理论的计算方法	(97)
第 5 章 矩形钢管混凝土柱	(104)
5.1 概述	(104)
5.2 基于叠加理论的计算方法	(107)
5.3 基于统一理论的计算方法	(112)
5.4 基于拟钢理论的计算方法	(114)
第 6 章 节点构造	(121)
6.1 组合结构节点概述	(121)
6.2 圆钢管混凝土柱与 H 型钢梁节点构造	(121)
6.3 矩形钢管混凝土柱与 H 型钢梁节点构造	(123)

6.4 柱脚节点构造	(130)
6.5 支撑及节点	(132)
附 录	(136)
参考文献	(138)

第 1 章 绪 论

1.1 组合结构的发展与应用

1.1.1 组合结构的含义

由两种或者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。钢与混凝土组合结构是由钢材与混凝土材料组合而成的,是一种应用广泛的组合结构,它充分发挥了钢与混凝土两种材料的优良特性:钢材具有良好的抗拉强度和延性,而混凝土则具有优良的抗压强度和刚度,并且混凝土的存在提高了钢材抵抗整体和局部屈曲的能力,由这两种材料组合而成的组合结构在地震作用下具有良好的刚度、强度、延性以及较好的耗能能力。

1.1.2 组合结构的起源、发展和应用范围

钢-混凝土组合结构主要有压型钢板组合板、组合梁、钢管混凝土、型钢混凝土、组合钢板剪力墙等。

20 世纪 60 年代前后,压型钢板在欧美、日本等国家首先作为浇筑混凝土的永久模板和施工平台而开始在多高层建筑中大量应用。随后,为了提高材料的使用率,各国开展了很多研究。20 世纪 60 年代末,美国钢结构学会及国际桥梁和结构工程联合会制定了组合结构统一规定。日本建筑学会于 1970 年出版了《压型钢板施工规范及说明》。1984 年,冶金工业部冶金建筑研究总院对压型钢板的选型、加工、连接件等配套技术进行了研发与推广,于 1984—1988 年完成了压型钢板的选型和研制,并进行了组合板的试验研究。随着我国钢材产量的不断提高和相关配套技术的不断完善,组合板在建筑及桥梁领域都得到了广泛应用。

组合梁从最初应用至今已有 80 余年的历史。它的早期形式是没有抗剪连接件的外包混凝土工字梁,主要是出于钢梁防火的需要,用混凝土将钢梁包裹起来,形成外包混凝土钢梁,即钢骨混凝土梁或型钢混凝土梁。20 世纪 20 年代末,H. M. Macking 和 Lash 等对钢梁与混凝土交界面上的黏结应力进行了研究,指出抗剪连接件可以增强组合梁的整体工作性能,使极限承载力明显提高。从 20 世纪 30 年代末开始,组合梁开始采用抗剪键,并将混凝土翼板过渡到钢梁翼缘上,形成目前常用的 T 形组合梁形式。

在土木工程中应用钢管混凝土结构已经有很长的历史。早在 1879 年英国 Seven 铁路桥中就采用了钢管桥墩,1926 年美国就在一些单层和多层建筑中采用了称为“Lally Column”的圆形钢管混凝土柱。20 世纪 30 年代末,前苏联曾经用钢管混凝土建造了跨度 101 m 的公路拱桥和跨度 140 m 的铁路拱桥。20 世纪 60 年代前后,钢管混凝土结构在前苏联、

日本以及西欧、北美等发达国家逐步得到应用,并取得良好的效果。近年来,泵送混凝土工艺解决了浇筑混凝土的繁重劳动问题,加之较高强度混凝土的应用需要钢管克服其脆性,因此在美国、日本、澳大利亚等国的高层建筑中掀起了采用钢管混凝土结构的热潮。我国从1959年开始对钢管混凝土结构进行研究,1963年成功将其应用于北京地铁车站工程,20世纪70年代相继在冶金、造船、电力等项目中得到应用,80年代进一步在多层建筑框架中采用钢管混凝土结构,90年代开始在高层建筑和大跨桥梁结构中广泛采用钢管混凝土结构。钢管混凝土结构主要适用范围如下:工业厂房的框架或者排架柱、高层建筑结构、大跨度桥梁、大型设备和构筑物的支柱、地下结构等。此外,对受力较大且高度很高的柱子也经常采用钢管混凝土柱。

我国从20世纪50年代开始应用型钢混凝土(SRC)结构,80年代中期以后进行了大量的试验研究,近年来应用日渐增多。型钢混凝土剪力墙虽然在实践中已有一些应用,但过去对其性能研究较少,认识不够,因而应用也较为有限。随着SRC结构及混合结构的广泛应用,型钢混凝土组合剪力墙必将成为常用构件。《组合结构技术规程》(JGJ 138—2016)编入了型钢混凝土剪力墙设计的内容。

日本于20世纪60年代末提出了内藏钢板支撑剪力墙,通过在钢支撑周围浇筑混凝土防止钢板过早屈曲,这种剪力墙可以视为钢-混凝土组合剪力墙的雏形。20世纪90年代,由钢板和钢筋混凝土组成的剪力墙在我国开始兴起,混凝土主要现场浇筑,通过焊接于钢板上的栓钉使两种材料相互结合。进入21世纪以来,预制混凝土板组合剪力墙、开缝钢板组合剪力墙等新形式层出不穷,在高层及超高层中应用越来越多。

随着对该类结构研究的逐步深入,钢-混凝土组合结构逐渐被应用于各类工业与民用建筑和桥梁、码头等结构中,成为多高层建筑优先选用的结构形式之一,特别是在抗震设防等级较高的地区,其比常用的钢筋混凝土结构和钢结构更有优势。建筑高度的增加、跨度的增大、建筑体型的多种变化,带来了建筑的限制和不规则问题,为解决这些问题,常采用钢-混凝土组合结构来实现建筑师的意图。自20世纪80年代以来,随着我国经济建设的快速发展、钢铁产量的大幅度提升、钢材品种的增加,钢与混凝土组合结构在我国得到了迅速的发展和广泛的应用,应用范围已经涉及建筑、桥梁、高耸结构、地下结构、结构加固等领域。

1.1.3 组合结构的发展前景

目前,常用的钢与混凝土组合结构有三大类,即组合结构柱(包括钢管混凝土柱和型钢混凝土柱)、钢-混凝土组合梁和压型钢板-混凝土组合板。另外,钢板剪力墙组合结构、防屈曲耗能支撑等组合结构的应用也越来越广泛,如图1-1所示。

工程实践证明,组合结构综合了钢与混凝土的优点,可以用传统的施工方法和简单的施工工艺获得优良的结构性能,可以取得显著的技术经济效益和社会效益,非常适合我国现阶段的基本建设国情,具有广泛的应用前景。在建筑工业化以及绿色建筑背景下,组合结构采用预制装配式设计和施工方法,更能体现其快速施工、节能环保的优势。

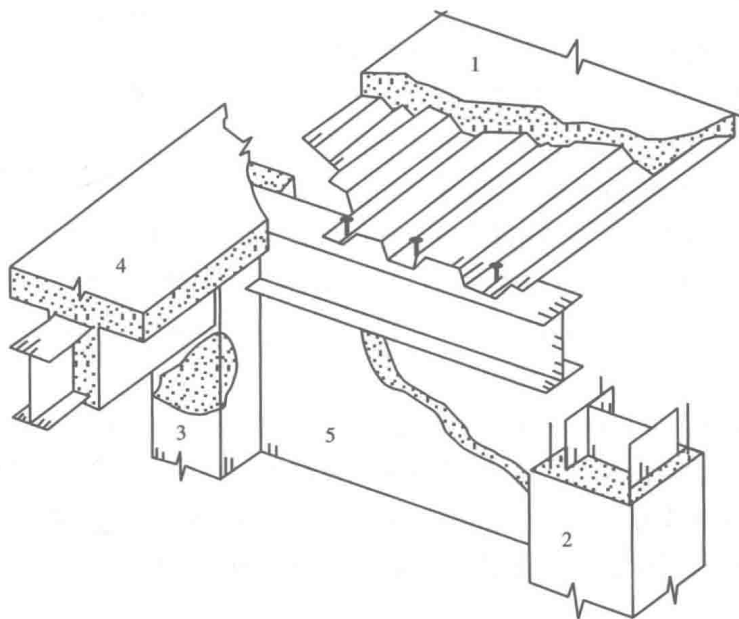


图 1-1 钢-混凝土组合结构示意图

1—组合板;2—型钢混凝土柱;3—钢管混凝土柱;4—组合梁;5—组合墙

1.2 组合结构的分类及特点

组合结构据其构件类型,可分为组合板、组合梁、组合柱、组合剪力墙、组合支撑等。

1.2.1 钢-混凝土组合板

在高层建筑结构中,采用高强、轻规格的压型钢板楼盖,上面浇筑混凝土面层,这种做法已成为标准的楼板构造做法。压型钢板是将薄钢板压成各种形状,可和浇筑的混凝土面层形成组合作用。在压成各种形式凹凸肋与各种形式槽纹的钢板上浇筑混凝土而制成的组合楼盖,依靠凹凸肋及不同的槽纹使钢板与混凝土组合在一起(图 1-2)。

由于钢板中肋的形式与槽纹图案不同,钢与混凝土的共同工作性能有很大区别。在与混凝土共同工作性能较差的压型钢板上可焊接附加钢筋或栓钉,以保证钢板与混凝土的完全组合作用。

组合楼盖的特点就是利用混凝土造价低、抗压强度高、刚度大等特点作为板的受压区,而受拉性能好的钢板放在受拉区,代替板中受拉纵筋,使两种材料合理受力,各得其所,都能发挥各自的优点。其突出的优点还在于压型钢板在施工时先行安装,可作为浇筑混凝土的

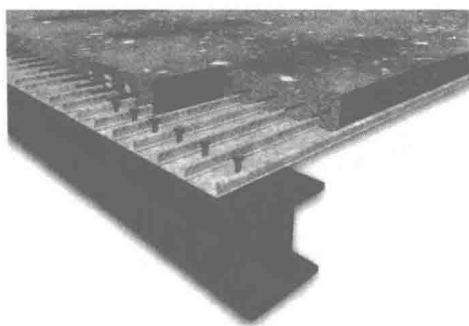


图 1-2 组合板结构

模板及施工平台。这样不仅节省了全部昂贵而稀缺的木模板,获得了一定的经济效益,而且使施工安装工作可以数个楼层立体作业,大大加快了施工进度。因此,近年来组合板应用发展很快,已在许多工程中用作楼板、屋面板以及工业厂房的操作平台板等。形成的组合楼盖可作为水平隔板,在每个楼层上将所有的竖向构件联系在一起,将剪力水平传递到各个支撑构件上。此外,它还可以作为钢梁受压翼缘的稳定性支撑。由隔板剪力产生的剪应力大部分由组合楼盖中的混凝土板承担,因为组合楼盖中的混凝土板在平面内的刚度比压型钢板大许多。因此,水平力必须通过焊接的栓钉从楼板传递到梁的上翼缘。组合楼盖除承受重力荷载外,还作为传递水平荷载的构件。在组合结构的抗震设计中,组合楼盖的抗震设计是一个重要的内容。

此外,近年来叠合板、钢筋桁架楼承板等新型组合楼板层出不穷。预应力混凝土叠合板可以将预制结构与现浇结构结合起来,节省工期和建筑材料,是一种绿色环保的板体系。钢筋桁架楼承板属于无支撑压型组合楼承板的一种,钢筋桁架是在后台加工场定型加工,现场施工需要先将压型板用栓钉固定在钢梁上,再放置钢筋桁架进行绑扎,验收后浇筑混凝土。

1.2.2 钢-混凝土组合梁

将钢梁与混凝土板组合在一起形成组合梁(图1-3)。混凝土板可以是现浇混凝土板,也可以是预制混凝土板、压型钢板混凝土组合板或预应力混凝土板。钢梁可以用轧制或焊接钢梁。钢梁形式有工字钢、槽钢或箱形钢梁。混凝土板与钢梁之间用剪切连接件连接,使混凝土板作为梁的翼缘与钢梁组合在一起,整体共同工作形成组合T形梁。其特点同样是使混凝土受压,钢梁主要受拉与受剪,受力合理,强度与刚度显著提高,充分利用了混凝土的有利作用。由于组合梁按照各组成部件所处的受力位置和特点较大限度地发挥了钢与混凝土各自的特性,所以不但满足了结构的功能要求,而且也有较好的经济效益。组合梁有以下特点。

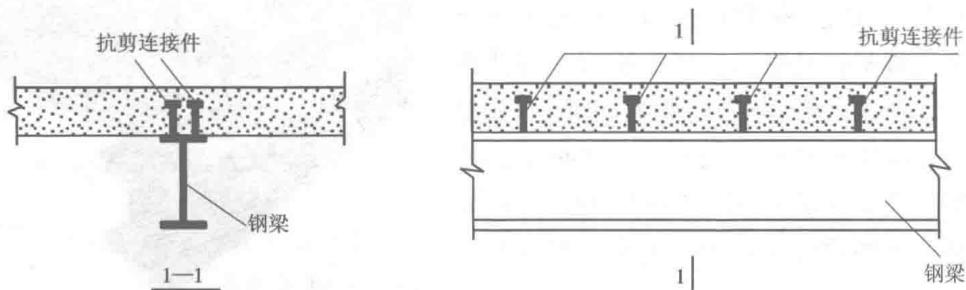


图1-3 组合梁结构

(1) 充分发挥了钢材和混凝土各自材料的特性。尤其对于简支梁,钢-混凝土组合梁截面的上缘受压、下缘受拉,正好发挥了混凝土受压性能好和钢材受拉性能好的优势。

(2) 节省钢材。实践表明,由于钢筋混凝土板参与了共同工作,提高了梁的承载能力,减少了钢梁上翼板的截面,组合梁方案与钢结构方案相比,可节省钢材20%~40%,每平方米造价可降低10%~30%。

(3) 增大了梁的刚度。组合梁方案与钢梁方案相比,由于钢筋混凝土板有效参加工作,

截面刚度大,梁的挠度可减小 $1/3 \sim 1/2$;另外,还可提高梁的自振频率。

(4)减少结构高度。组合梁与钢梁或者钢筋混凝土梁相比,可减少结构高度,对于高层建筑结构,若每层减少十几厘米,数十层累计将是一个可观的数字,从而可降低整个房屋造价;对于公路桥梁,由于结构高度减小,可以降低桥面标高,减小两端路堤长度。

(5)组合梁可利用已安装好的钢梁支模板,然后浇筑混凝土板,节约了模板的费用。

(6)抗震性能好,噪声小。由于组合梁整体性强,抗剪性能好,表现出良好的抗震性能。组合梁一出现就广泛地在桥梁结构中得到应用。另外,组合梁在活载作用下比全钢梁的噪声小,在城市中采用组合梁桥更合适。

(7)耐火等级差,耐腐蚀性差。对耐火等级高的房屋结构,需对钢梁涂耐火涂料;对有水流的组合梁桥需采取防腐措施。

(8)在钢梁制作过程中需要增加焊接连接件的工序,有的连接件需要专门的焊接工艺,有的连接件在钢梁吊装就位后还需进行现场校正。

1.2.3 钢-混凝土组合柱

工程中常用的钢-混凝土组合柱主要有两大类:一类是钢管混凝土柱,是在钢管中浇筑混凝土形成的柱子形式,分为圆钢管混凝土柱、矩形钢管混凝土柱和空心钢管混凝土柱等形式;另一类是型钢混凝土柱,是把钢骨架埋入钢筋混凝土中的一种结构形式,根据截面形状分为圆形、矩形、多边形、椭圆形等。

1. 钢管混凝土柱

在钢管混凝土柱中,一般在混凝土中不再配纵向钢筋与钢箍,所用钢管一般为薄壁圆钢管以及方矩形钢管,或者为钢板焊接钢管。按照截面形式不同,分为圆钢管混凝土柱、矩形钢管混凝土柱和异型钢管混凝土柱等,见图1-4(a)至(d)。此外,还包括钢管与缀条或者缀板组成的钢管混凝土组合异型柱,见图1-4(g)至(i)。

在钢管混凝土受压构件中,钢管与混凝土共同承担压力。但就薄壁圆钢管而言,在压力的作用下,容易发生局部屈曲,是很不利的。而在管中填充混凝土,大大改善了管壁的侧向刚度,因此对钢管的受压极为有利。钢管混凝土构件受力性能的优越性更主要地表现在合理地应用了钢管对混凝土的紧箍力。这种紧箍力改变了混凝土柱的受力状态,将单向受压改变为三向受压,混凝土的抗压强度得到了很大程度的提高,使混凝土的抗压性能得到更为有利的发挥,从而使构件断面可以大大减小。钢管主要承受环向拉力,恰好发挥了钢材受拉强度高的优势。钢管虽然也承受纵向与径向压力,但是钢管被混凝土充填,对防止钢管失稳极为有利。此外,为了防止钢管壁屈曲,进一步加强对混凝土的约束作用,可以在钢管混凝土中设置双层钢管,对大截面方矩形钢管混凝土柱,一般设置加劲肋,见图1-4(e)和(f)。

钢管混凝土柱充分发挥了混凝土和钢材各自的优点,特别是避免了薄壁钢材容易失稳的缺点,所以受力非常合理,大大节省了材料。据资料分析,钢管混凝土柱与钢结构相比,可节省钢材50%左右,降低造价40%~50%;与钢筋混凝土柱相比,还节省水泥70%左右,因而减轻自重70%左右。钢管本身就是浇筑混凝土的模板,故可省去全部模板,并不需要支模、钢筋制作与安装,简化了施工。钢管混凝土柱比钢筋混凝土柱用钢量约增加10%。钢

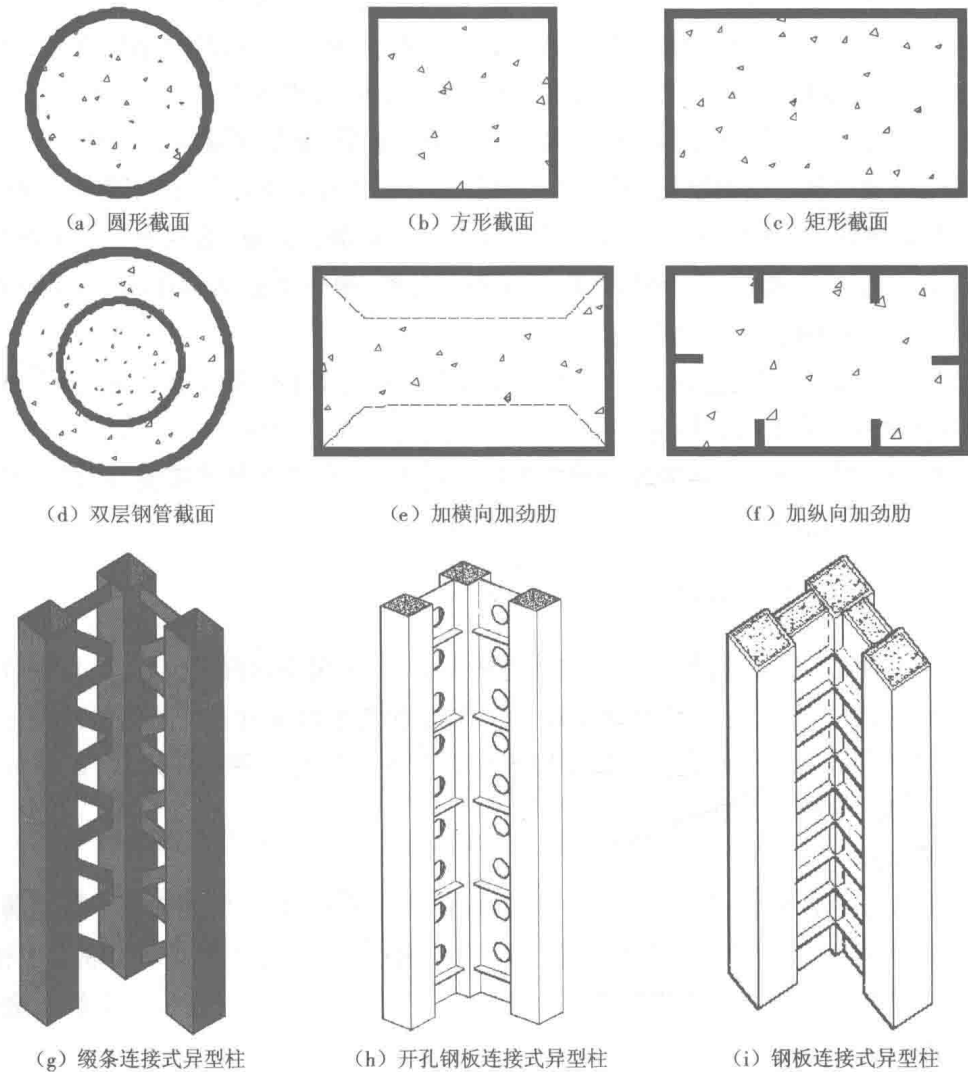


图 1-4 钢管混凝土柱

管混凝土柱的另一突出优点是延性较好,这是因为一方面其外壳是延性很好的钢管,另一方面约束混凝土比混凝土单向受压的延性要好得多。

2. 型钢混凝土柱

在混凝土中配置型钢或者以配型钢为主的组合柱称为型钢混凝土柱。与钢管混凝土柱不同,型钢混凝土柱中钢材配置在柱内部,并且外侧仍然配置钢筋。与钢管混凝土柱相比,型钢混凝土柱不用考虑型钢的局部屈曲,并且钢的防锈、防火条件良好。但是,型钢混凝土柱中钢不能给外侧混凝土提供约束,使得混凝土强度没有像钢管混凝土柱中那样得到很大提高。型钢混凝土柱多种多样,内部型钢可使用 H 型钢、钢管等不同形式,见图 1-5。

1.2.4 钢-混凝土组合剪力墙

组合剪力墙具有较大的抗剪强度和刚度,比同等承载力的混凝土剪力墙厚度和质量明显减小,能充分利用钢材的性能,具有更加稳定的延性和耗能能力。根据钢板与混凝土的不

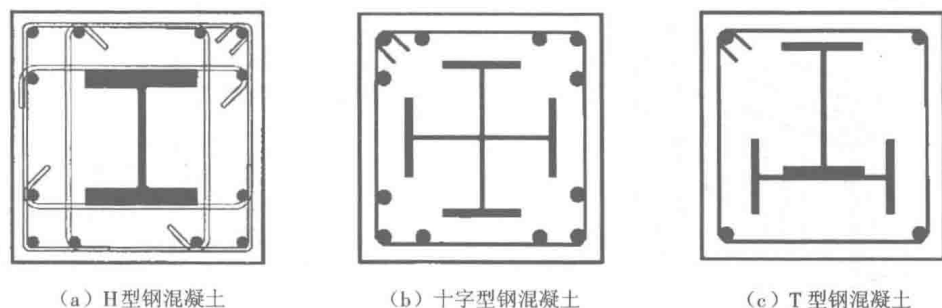


图 1-5 型钢混凝土柱节点示意图

同位置,可以分为钢板外包混凝土剪力墙和钢板内填混凝土剪力墙,如图 1-6 所示。单钢板剪力墙的构造中,钢板既可以在中间(图 1-6(b)),也可以在混凝土的一侧(图 1-6(a))。

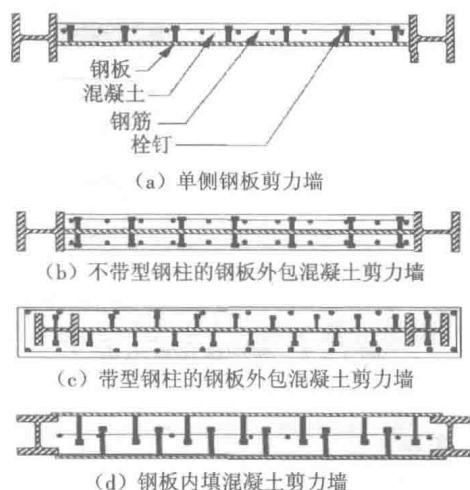


图 1-6 钢板剪力墙一般构造

上述钢板剪力墙均为与框架梁、框架柱连接的组合剪力墙,使得混凝土板在整个受力过程中始终与钢板共同承担剪力,整体性好,有利于剪力墙耗能。但是混凝土板刚度很大,承载力低,在较小荷载下即会出现裂缝等,影响其承载力,并且剪力墙刚度过大会造成柱中轴力过大而使得柱子先破坏。近年来,许多学者开发出钢板剪力墙的新形式,包括开缝钢板剪力墙、两边连接钢板剪力墙、预制混凝土板钢板剪力墙等(图 1-7)。为了减小剪力墙刚度,使其在地震中更加有效地耗能,采用在钢板上开缝的方式,同时仍通过设置混凝土板约束钢板,从而获得耗能良好的组合钢板剪力墙(图 1-7(a))。只在梁上连接的剪力墙可以避免对柱子造成过大的轴力(图 1-7(b))。预制混凝土板剪力墙通过栓钉将混凝土板固定在钢板两侧,而混凝土板本身不承受剪力,这种预制剪力墙可以缩短工期,节约时间及人力成本(图 1-7(c))。为了简化施工,杭萧钢构推广了一种钢管束组合剪力墙形式,墙体截面形式如图 1-7(d)所示,该种剪力墙形式刚度较大、施工方便。