



异形截面 钢骨混凝土柱技术

徐亚丰 白首晏 刁晓征 著



科学出版社

www.sciencep.com

异形截面钢骨混凝土柱技术

徐亚丰 白首晏 刁晓征 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书较系统地介绍了异形截面钢骨混凝土柱的设计思想、理论和方法,着重介绍了作者多年来的相关研究成果,主要包括:第1章对钢骨混凝土的技术发展进行了简单概述;第2章阐述了试件的制作和试验过程;第3章~第5章阐述了十字形、L形、T形轴心受压构件试验研究;第6章~第8章阐述了十字形、L形、T形偏心受压构件试验研究;第9章~第12章阐述了十字形、L形、T形构件有限元分析;第13章~第15章阐述了长细比对十字形、L形、T形构件承载力的影响;第16章~第18章阐述了十字形、L形、T形受压构件数值计算。

本书可供土木工程等专业的科学研究人员、工程技术人员、研究生以及高等学校的教师和本科生参考。

图书在版编目(CIP)数据

异形截面钢骨混凝土柱技术/徐亚丰,白首晏,刁晓征著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 987-7-03-029130-1

I. ①异… II. ①徐… ②白… ③刁… III. ①钢筋混凝土结构-变截面梁-柱(结构)-承载力-研究 IV. ①TU375.302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 191535 号

责任编辑:沈 建 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕 者

科学出版社出版

北京黄城根北街16号
邮购编码: I00717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2010年9月第 一 版 开本:720×1000 B5

2010年9月第一次印刷 印张:23 3/4

印数:1—2 500 字数:464 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

组合结构，一般而言包括钢骨混凝土结构和钢管混凝土结构，自其诞生之日起，即显示了突出的优点而被广泛应用。我国组合结构的研究和应用主要始于20世纪80年代，随着大型复杂结构的出现，高层、超高层建筑越来越多，人们利用“组合”的概念，不断研究出新的结构形式。

本书的研究主要受启发于钢筋混凝土异形柱，由于钢筋混凝土异形柱的抗震性能不好，结合钢骨混凝土柱的特点，作者提出了异形截面钢骨混凝土柱的概念，并获得专利。

研究成果能够对钢骨混凝土发展提供一定的帮助。

全书共分为十八章，对异形截面钢骨混凝土柱的受力性能进行了详细的描述和分析。

作者的研究生宋宝峰、王建、王颖、丁彧、佟舟、刁晓征、李晓丽、王华、郝丽丽、何松林、侯晓曦、张宇博、赵鑫、付毅、张丽、孙鹏举、宋健、刘强、陈科、刘俊成、杜微参加了本书的编写工作，在此深表感谢。

本书中的试验得到了沈阳建筑大学结构工程实验室的许丕元、刘德清、刘泓老师的大力帮助，在此深表感谢。

感谢沈阳市人才计划项目（2007140303002）的资助。

感谢沈阳建筑大学结构工程省的重点实验室开放基金（JG-200904）的资助。

感谢我的老师、同事、朋友、家人的鼓励和帮助。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 钢筋混凝土柱的特点与发展现状	2
1.2.1 钢筋混凝土柱的特点	2
1.2.2 钢筋混凝土结构在工程中的应用	4
1.2.3 钢筋混凝土研究进展	4
1.3 钢筋混凝土异形柱的特点与发展现状	5
1.3.1 钢筋混凝土异形柱的特点	5
1.3.2 钢筋混凝土异形柱结构在工程中的应用	7
1.3.3 钢筋混凝土异形柱国内外的研究现状	7
1.4 钢筋混凝土异形柱的研究与发展现状	10
1.4.1 研究钢筋混凝土异形柱的意义	10
1.4.2 钢筋混凝土异形柱在我国的研究	11
1.5 本书主要目的和内容	15
第 2 章 试验概况	16
2.1 试件概况	16
2.1.1 试件设计	16
2.1.2 试件的制作	19
2.2 材料力学性能试验检测	22
2.2.1 各材料取样的力学指标测试形状及尺寸	22
2.2.2 钢板/钢筋的力学性能指标	23
2.2.3 混凝土的力学性能指标	23
2.3 试验设备	24
第 3 章 十字形钢筋混凝土异形柱轴心受压试验研究	25
3.1 轴心受压试验	25
3.1.1 应变片测点的布置	25
3.1.2 主要测试内容	27

3.1.3	数据采集流程	27
3.1.4	加载制度	28
3.2	试验全过程分析	28
3.2.1	试验现象简述	28
3.2.2	破坏形态的对比分析	29
3.2.3	荷载与横向变形的关系分析	29
3.2.4	荷载与纵向变形的关系分析	30
3.3	轴心受压的破坏机理	30
3.3.1	截面上不同测点的应力状态的比较	30
3.3.2	不同试件间应力状态的比较	35
第4章	L形钢骨混凝土异形柱轴心受压构件试验研究	38
4.1	轴心受压试验	38
4.1.1	应变片测点的布置	38
4.1.2	主要测试内容	40
4.1.3	数据采集流程	40
4.1.4	加载制度	40
4.2	试验全过程分析	40
4.2.1	试验现象简述	40
4.2.2	破坏形态的对比分析	42
4.2.3	荷载与横向变形的关系分析	43
4.2.4	荷载与纵向变形的关系分析	43
4.3	轴心受压的破坏机理	43
4.3.1	截面上不同测点的应力状态的比较	43
4.3.2	不同试件间应力状态的比较	47
第5章	T形钢骨混凝土异形柱轴心受压构件试验研究	51
5.1	轴心受压试验	51
5.1.1	应变片测点的布置	51
5.1.2	主要测试内容	52
5.1.3	数据采集流程	52
5.1.4	加载制度	52
5.2	试验全过程分析	53
5.2.1	试验现象简述	53
5.2.2	试验结果	54

5.2.3 荷载与变形的关系分析	54
5.3 轴心受压的破坏机理	55
5.3.1 荷载与钢骨翼缘及腹板应变关系	55
5.3.2 荷载与纵向钢筋应变关系	59
5.3.3 荷载与箍筋应变关系	62
5.3.4 试件混凝土荷载与应变关系	65
5.3.5 钢骨与混凝土协同工作	69
第6章 十字形钢骨混凝土异形柱偏心受压试验研究	74
6.1 单向小偏心受压构件的试验研究	74
6.1.1 单向小偏心受压试验	74
6.1.2 单向小偏心试验全过程分析	77
6.1.3 十字形钢骨混凝土异形柱破坏机理	80
6.2 单向大偏心受压构件的试验研究	89
6.2.1 单向大偏心受压试验	89
6.2.2 单向大偏心试验全过程分析	91
6.2.3 单向大偏心受压破坏机理	93
6.3 双向小偏心受压构件的试验研究	103
6.3.1 双向小偏心受压试验	103
6.3.2 双向小偏心试验全过程分析	105
6.3.3 双向小偏心受压破坏机理	106
6.4 双向大偏心构件的试验研究	114
6.4.1 双向大偏心受压试验	114
6.4.2 双向大偏心试验全过程分析	115
6.4.3 双向大偏心受压破坏机理	116
第7章 L形钢骨混凝土异形柱偏心受压试验研究	124
7.1 单向小偏心受压构件的试验研究	124
7.1.1 单向小偏心受压试验	124
7.1.2 单向小偏心受压试验全过程分析	127
7.1.3 单向小偏破坏机理	131
7.2 单向大偏心受压构件的试验研究	148
7.2.1 单向大偏心受压试验	148
7.2.2 单向大偏心受压试验全过程分析	149
7.2.3 单向大偏心破坏机理	154

7.3 双向小偏心受压构件的试验研究	165
7.3.1 双向小偏心受压试验	165
7.3.2 双向小偏心受压试验全过程分析	167
7.3.3 双向小偏破坏机理	171
7.4 双向大偏心受压构件的试验研究	181
7.4.1 双向大偏心受压试验	181
7.4.2 双向大偏心受压试验全过程分析	183
7.4.3 双向大偏心破坏机理	187
第8章 T形钢筋混凝土异形柱偏心受压构件试验研究	198
8.1 单向小偏心受压试验研究	198
8.1.1 单向小偏心受压试验	198
8.1.2 单向小偏心受压试验全过程分析	201
8.1.3 单向小偏心受压破坏机理	206
8.2 单向大偏心受压试验研究	219
8.2.1 单向大偏心受压试验	219
8.2.2 单向大偏试验全过程分析	221
8.2.3 单向大偏心受压破坏机理	223
8.3 双向小偏心受压试验研究	232
8.3.1 双向小偏心受压试验	232
8.3.2 双向小偏心受压破坏全过程分析	232
8.3.3 双向小偏心受压破坏机理	235
8.4 双向大偏心受压试验研究	244
8.4.1 双向大偏心受压试验	244
8.4.2 双向大偏心受压破坏全过程分析	244
8.4.3 双向大偏心受压破坏机理	247
第9章 钢筋混凝土异形柱轴压构件有限元模拟分析	256
9.1 十字形钢筋混凝土异形柱轴压有限元模拟分析	256
9.1.1 建立有限元分析模型及受力前后对比分析	256
9.1.2 试验承载力与模拟承载力对比分析	257
9.1.3 荷载与纵向变形的关系分析	258
9.1.4 不同试件同一部位间应力状态的比较	258
9.2 L形钢筋混凝土异形柱轴压有限元模拟分析	260
9.2.1 有限元模型受力前后对比分析	260

9.2.2	试验承载力与有限元模拟承载力的对比分析	261
9.2.3	荷载与纵向变形的关系分析	262
9.2.4	不同试件间应力状态的比较	263
9.2.5	关于型钢与混凝土协同工作的分析	266
9.3	T形钢骨混凝土异形柱轴压有限元模拟分析	266
9.3.1	有限元模型受力前后对比分析	266
9.3.2	试验承载力与有限元模拟承载力的对比分析	268
9.3.3	荷载与纵向变形的关系分析	268
9.3.4	不同试件间应力状态的比较	269
第10章	十字形钢骨混凝土异形柱偏压力学性能的有限元分析	272
10.1	单向偏心受压构件有限元模拟	272
10.1.1	非线性有限元模型的建立	272
10.1.2	试件荷载与位移关系	273
10.1.3	钢骨、混凝土荷载-应变关系曲线分析	274
10.1.4	试验极限承载力值与有限元模拟极限承载力值对比分析	275
10.2	双向偏心受压构件受力性能研究	276
10.2.1	试件尺寸及参数的确定	276
10.2.2	非线性有限元模型的建立	276
10.2.3	试件荷载与位移关系	278
10.2.4	钢骨、混凝土荷载-应变关系曲线分析	278
10.2.5	试验极限承载力值与有限元模拟极限承载力值对比分析	280
第11章	L形钢骨混凝土异形柱单向偏压有限元分析	281
11.1	不同含钢率的单向偏压柱受力性能研究	281
11.1.1	有限元模型的介绍	281
11.1.2	有限元模型的建立和非线性求解	282
11.1.3	极限承载力的试验值与理论值的对比	282
11.1.4	荷载-位移曲线	282
11.1.5	混凝土的荷载-挠度曲线	283
11.1.6	钢骨翼缘的荷载-应变曲线	283
11.1.7	破坏形态及应力、应变云图分析	284
11.2	不同偏心距的单向偏压柱受力性能研究	285
11.2.1	有限元模型的介绍	285
11.2.2	有限元模型的建立和非线性求解	285

11.2.3	荷载-位移曲线	286
11.2.4	钢骨翼缘的荷载-应变曲线	286
第 12 章	T 形钢骨混凝土异形柱偏心受压有限元计算	288
12.1	单向小偏压有限元计算	288
12.1.1	有限元模型建立	288
12.1.2	非线性求解	288
12.1.3	计算结果分析	290
12.2	T 形钢骨混凝土异形柱双向小偏压有限元分析	296
12.2.1	有限元分析前处理	296
12.2.2	求解结果分析	296
第 13 章	长细比对十字形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	305
13.1	试件有限元模型的建立	305
13.1.1	模拟试件的截面尺寸	305
13.1.2	有限元模型的建立与试件破坏形态	306
13.2	材料的应力云图分析	308
13.3	试件荷载-位移曲线	310
13.4	试件各部分材料的荷载-应变曲线	311
13.5	本章小结	313
第 14 章	长细比对 L 形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	314
14.1	有限元模型的建立和非线性求解	314
14.2	计算结果及分析	315
14.2.1	极限承载力的比较	315
14.2.2	荷载-位移曲线	315
14.2.3	混凝土、型钢的荷载-应变曲线	316
14.2.4	破坏形态及应力、应变云图分析	317
第 15 章	长细比对 T 形截面型钢混凝土异形柱承载力的影响	322
15.1	有限元模型建立与非线性求解	322
15.2	求解结果分析	322
15.2.1	破坏形态分析	322
15.2.2	试件裂缝发展分析	324
15.2.3	荷载-纵向位移分析	326
15.2.4	型钢及混凝土的荷载-纵（横）向应变分析	327
15.2.5	模拟值与理论计算值对比分析	328

第 16 章 十字形钢骨混凝土异形柱偏心受压数值计算	329
16.1 计算步骤及原理	329
16.1.1 材料的本构关系和基本假定	329
16.1.2 计算原理及计算公式	330
16.2 计算结果与试验结果的对比	332
16.3 十字形钢骨混凝土异形柱偏心受压极限承载力变化规律	332
16.3.1 不同加载角及不同偏心距的影响	332
16.3.2 不同含钢率的影响	334
16.3.3 不同肢长厚比的影响	335
16.3.4 不同混凝土强度等级的影响	337
16.3.5 钢骨翼缘的影响	338
16.3.6 钢骨混凝土异形柱与钢筋混凝土异形柱极限承载力比较	339
16.4 实用设计方法探讨	340
第 17 章 L 形钢骨混凝土异形柱偏心受压数值计算	342
17.1 试件参数及材料力学性能指标	342
17.2 非线性计算程序的编制	343
17.2.1 程序的基本假定	343
17.2.2 材料的本构关系	343
17.2.3 坐标系的建立	344
17.2.4 单元划分	344
17.2.5 单元应力的确定及内力计算	345
17.2.6 $M-N$ 相关曲线程序原理	346
17.3 计算结果与分析	346
17.3.1 极限承载力对比	346
17.3.2 不同含钢率及不同偏心距对 L 形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	347
17.3.3 不同混凝土强度等级对 L 形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	348
17.3.4 不同肢长厚比对 L 形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	349
17.3.5 钢骨翼缘对 L 形钢骨混凝土异形柱承载力的影响	351
17.4 实用设计方法探讨	352
第 18 章 T 形钢骨混凝土异形柱偏心受压数值计算	354
18.1 计算步骤及原理	354
18.1.1 计算程序的基本假定	354

18.1.2	坐标系的建立	355
18.1.3	基本计算公式及构件截面简化	355
18.1.4	数值积分法编程	356
18.2	计算结果分析	358
18.2.1	试验值与数值计算值对比分析	358
18.2.2	参数分析	359
18.2.3	回归分析	363
18.2.4	算例分析	363
参考文献		365

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

随着人们生活水平的提高,人们对居住的要求也越来越高,不仅要求使用面积大,而且要求房屋的使用净空也高。采用异形截面框架柱可以有效的解决这一问题,异形柱框架结构住宅率先在天津、广东得到了研究和应用。异形柱住宅与建筑面积相同的矩形柱住宅相比,可提高使用面积 8%~10%左右^[1];异形柱的肢宽与墙厚相同,这样就避免了房间中柱楞的露出,能够把建筑美观和使用的灵活性有机地结合起来;截面积相同的异形柱与矩形柱相比刚度加大,结构的抗震性能增强。异形柱的柱肢长度通常比矩形柱的边长更长,可缩短柱间的梁跨,从而有效增高建筑的净高。框架结构承受同样的荷载,采用钢筋混凝土异形柱可比一般矩形柱截面积减小 5%,混凝土用量减少 5%,从而降低工程造价^[2]。

1997 年国务院办公厅 72 号文件《关于推进住宅产业现代化提高住宅质量若干意见的通知》的“加强新型结构技术的开发研究”专题中,异形柱框轻结构被列为当前我国住宅建设中的五种主要结构之一。1998 年建设部《关于建筑业进一步推广应用 10 项新技术的通知中》,提出积极采用异形柱框轻结构体系。

抗震设防在 8 度以下,层数在 9 层以下,结构总高度不大于 27m (不大于 24m 为最佳高度),在这种条件下,异形柱的优越性是方形柱和圆形柱无法相比拟的。但是钢筋混凝土异形柱由于正截面承载力小的因素,在建筑使用层数上受到了限制,为了增加层数和满足受力的要求,不得不采用高强混凝土、加大柱肢的长度以增加异形柱面积,但高强混凝土会使构件延性变差,脆性变大,不利于抗震,同时增加柱肢的长度是有限的,不能超过异形柱肢长与肢宽之比的限值。由此可见,在高层或超高层建筑中,要采用异形柱框架结构形式,必须采用一种新的高强结构材料来代替普通钢筋混凝土作为异形柱的建筑材料,型钢混凝土结构就能满足这一要求。

在型钢混凝土柱中,由于两种不同性质的材料扬长避短,各自发挥其特长,因此具有一系列的优点。研究表明,由型钢与混凝土组合成的柱子具有较高的承载力、良好的延性性能^[3]。与钢筋混凝土柱相比,型钢混凝土柱在给定荷载条件下,具有较小的横截面积和较高的承载力,因此,在建筑物中使用型钢混凝土柱可以解决高层建筑中的“胖柱”问题和钢筋高强混凝土柱的脆性破坏问题,

并且可以显著增加建筑物的使用空间,简化施工,获得较大的经济效益。与钢柱相比,可提高柱子的稳定性,避免型钢出现局部的屈曲,同时还可节省高层建筑的用钢量,提高结构的防火和防腐能力。

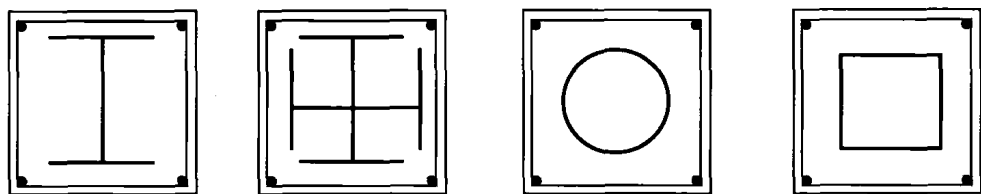
1.2 钢骨混凝土柱的特点与发展现状

1.2.1 钢骨混凝土柱的特点

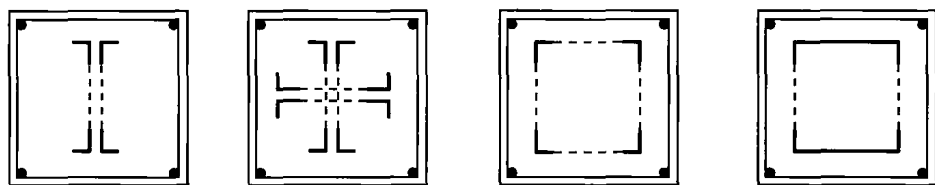
钢骨混凝土柱是在混凝土中主要配置轧制或焊接的型钢。在配置实腹型钢的柱中还配有少量的纵向钢筋与箍筋。这些钢筋主要是为了约束混凝土,在计算中也参与受力,同时,也是构造需要。

钢骨混凝土柱,苏联称之为劲性钢筋混凝土结构柱(encased columns),将配置于混凝土中的型钢称为劲性钢,把配置的钢筋成为柔性钢,日本则称之为钢骨混凝土(コンクリート),我国对应于钢筋混凝土结构而言,在混凝土柱中主要配置了型钢,故称之为钢骨混凝土柱。钢骨的形式有很多种,主要有格构式钢骨、H形钢骨、角钢钢骨、圆钢管等^[4]。按照钢骨截面配置形式的不同,分为实腹式钢骨混凝土柱[图 1-1 (a)]和空腹式钢骨混凝土柱[图 1-1 (b)]两大类。实腹式型钢主要有工字钢、槽钢和 H 型钢等,空腹式一般是用由角钢构成的空间桁架式骨架。实腹式钢骨混凝土柱比较普遍的是在柱中设置工字钢和十字钢的方式,这种结构形式能提高结构的延性和承载力,但是由于钢骨混凝土柱大多处于偏心受压状态,因此在实腹式钢骨混凝土中有一部分钢骨未能屈服,材料强度得不到充分发挥;空腹式钢骨混凝土柱的钢骨一般由大角钢(可以焊接而成)经过水平和斜向缀板焊接而成整体,当钢骨设置于混凝土外边缘或靠近外边缘时,即成为外包钢混凝土柱。空腹式比配实腹式型钢可更多地节省钢材,其含钢量比钢筋混凝土结构稍大,而其强度、刚度和延性比钢筋混凝土结构有较大提高。在实腹式构件中,为防止混凝土的局部剥落和加强核心混凝土的约束作用,以及抵抗温度、收缩等引起的变形,在外包混凝土中要布放箍筋和部分纵筋。在空腹式配钢的构件中,可以不设纵向钢筋与横向箍筋。空腹式钢骨比较节约钢材,但制作费用较高,抗震性能相对于实腹式钢骨较差。

由于钢骨混凝土(steel reinforced concrete, SRC)柱的钢骨与外包混凝土共同工作,能充分利用混凝土所具有的良好抗压性能和钢材所具有优良的抗拉性能,从而使这两种材料的强度都能得到充分利用。SRC 柱既具有钢筋混凝土柱的优点,又具有钢柱的优点,同时还有 SRC 柱自身的优点。钢柱具有较大的承载能力而且抗震延性较好,但其防火性和防腐性较差。而 SRC 结构在不降低承载力,具有较好的防火性和防腐性。最初的 SRC 柱就是由钢柱外包混凝土



(a)实腹式SRC柱截面



(b)空腹式SRC柱截面

图 1-1 SRC 柱和梁的主要截面形式

发展而来的，后来才发现混凝土和钢能够形成一个整体共同工作。SRC 柱与钢柱相比具有较高的整体刚度，显著改善柱子的平面扭转屈曲性能，使钢材的强度得到充分利用；外包混凝土可以防止钢材的局部屈曲，即增加钢骨的局部刚度。由于钢筋混凝土的约束作用，SRC 柱的抗剪能力比钢柱大。在抗震等级高的建筑中，RC 柱由于受配筋率的限制，即超过一定比例的配筋率后，柱子会发生脆性破坏；箍筋过多时，多余的箍筋起不到对混凝土的有效约束。而 SRC 柱不受配筋率的限制，因此 SRC 柱的承载力比相同截面的 RC 柱的承载力高。钢骨混凝土柱中的钢骨对钢骨包围的混凝土约束较好，但对外围的混凝土约束较差。所以应配置箍筋来加强对外围混凝土的约束，从而提高整个柱子的抗剪承载力和延性。

钢骨混凝土柱中，由于钢材与混凝土的组合作用，可以充分发挥两种材料的性能。与普通钢筋混凝土柱相比，有其特殊的优点，主要表现在以下几个方面^[5]：

(1) 截面小，承载能力高。随着建筑物高度和跨度的增加，柱的轴向压力值越来越大，为了满足轴压比限值的要求，在钢筋混凝土柱中必然加大柱的截面尺寸。而采用钢骨混凝土柱后，由于钢材的承载力高，可以提高柱的承载力，进而减小柱的截面尺寸。

(2) 柱的延性好，抗震性能好。混凝土在单轴应力状态下属于脆性材料，钢材的塑性较好，增加柱的含钢率，必然提高整个柱的延性，延性好的结构吸收地震能量的能力也就好，钢骨混凝土柱的延性比普通钢筋混凝土柱的延性好得多。特别是钢管混凝土柱，由于钢管的约束作用使钢管内混凝土具有更高的压缩变形

能力。

(3) 耐火性能好。与钢结构相比, 钢-混凝土组合结构由于混凝土吸收热量而提高了整个结构的耐火性能。外包混凝土可以提高钢材的耐火性能和结构的耐久性能, 防止钢材的局部屈曲, 提高结构的整体刚度, 充分利用钢材的强度, 节约钢材。

(4) 施工方便。钢骨混凝土柱中的钢骨, 特别是钢管混凝土中的钢管, 在施工过程中可以作为施工承担大部分施工荷载, 也可以作模板使用, 给施工带来了极大的便利。

1.2.2 钢骨混凝土结构在工程中的应用^[3]

由于钢骨混凝土结构的一系列优点, 所以钢骨混凝土结构建成了大量的高层、超高层建筑及一些工业建筑。

1905 年日本便建造了第一个采用钢骨混凝土柱的结构——田岬旧东京仓库; 1918 年的东京海上大厦; 1921 年建成的日本兴业银行采用钢骨混凝土结构, 总面积 14 000m² 左右, 高约 30m, 在年东京大地震中几乎完整无损。1968 年十胜冲发生大地震, 震害调查使人们认识到结构的变形能力对结构物抗震性能的重要意义。1965~1980 年向日本建筑中心申请的 347 幢建筑物中, 钢骨混凝土结构占 98 幢, 足见其应用之广泛。日本北海饭店, 36 层, 高 121m; 美国休斯敦第一城市大厦, 49 层, 高 207m; 休斯敦得克斯商业中心大厦, 79 层, 高 305m; 达拉斯第一国际大厦, 72 层, 高 276m; 休斯敦海湾大楼, 52 层, 高 221m; 新加坡财政部办公大楼, 55 层, 高 242m。

我国从 20 世纪 80 年代开始应用钢骨混凝土结构, 近年来应用日渐增多。北京的香格里拉饭店采用框架-剪力墙结构体系, 2 层以上为钢骨混凝土柱、组合梁组成的刚接框架, 柱内配置轧制 H 型钢。上海金茂大厦 (88 层, 高 420.5m) 周边采用 8 根截面尺寸为 1.5m×5.0m 的巨型钢骨混凝土柱, 柱中配有两根焊接 H 型钢。深圳地王大厦 (81 层, 高 325m) 在 58 层以下采用钢骨混凝土柱。北京长富宫饭店, 地上 25 层, 地下 3 层; 上海瑞金大厦, 地上 27 层, 地下一层, 高 107m; 广州、重庆也先后建成一批钢骨混凝土结构高层建筑。随着我国经济的发展和建筑科技的不断进步, 钢骨混凝土结构在工程中的应用将越来越广泛。

1.2.3 钢骨混凝土研究进展^[3]

钢骨混凝土的研究始于 20 世纪初的美国, 距现在已有 100 年的历史。1904 年在英国, 设计人员为了满足钢结构的防火要求, 在钢柱的表面包裹一层混凝土。形成了包钢结构, 计算方法按照当时的钢结构设计。1908 年 Burr 完成了空

腹式钢骨混凝土柱的试验,发现包钢结构由于混凝土参与工作而承载能力提高了。从1960年起,英国开始了组合柱设计方法的研究,做了大量的试验,取得了许多成果。1985年,英、德、法、荷兰四国共同制定了欧洲组合结构设计规范,此规范假定型钢与混凝土完全交互作用,将型钢与混凝土均按照矩形应力块理论考虑,采用极限强度设计方法进行设计。

日本是强地震多发国家,对钢骨混凝土结构的理论研究和实验工作比较深入,应用最广。1928年日本的齐田时太郎做了中心受压柱试验,1929年宾田埴做了偏心受压柱试验,1932年内藤做了梁柱节点试验,1937年棚桥凉做了梁的试验。由于地震灾害频发,日本不得不在建筑中采用抗震性能好的钢骨混凝土结构,对钢骨混凝土结构进行了大量的研究与应用。1958年制订了《钢骨混凝土设计标准》,经1963年、1975年和1981年三次修订,1987年日本建筑学会出版了《钢骨混凝土结构设计》第三版,形成了完整的理论和设计方法。日本标准以“强度叠加法”作为理论基础,没有考虑钢材与混凝土之间的相互作用,设计方法保守。

我国在钢骨混凝土结构方面的研究与应用始于20世纪80年代。西安建筑科技大学与原冶金部建筑研究总院最早开始钢骨混凝土轴压短柱、偏压短柱、偏压长柱和钢骨混凝土梁的试验研究。继而西南交通大学、重庆建筑大学、中国科学院、华南理工大学、东南大学、清华大学等高等院校、科研单位也展开了广泛的研究。西安建筑科技大学系统地研究了各种配钢方式的钢骨混凝土梁柱接点等各种构件的基本性能。进而于20世纪90年代又进行了钢骨混凝土框架结构的模拟地震震动台实验、拟动力试验,深入研究了结构的静、动力特性与分析方法,在我国自己的试验研究基础上制定了一套较完整的设计计算理论。1989年曾提出了《型钢混凝土结构的设计建议》。1997年主要是参考日本规程,原冶金工业部编制并颁发了行业标准《钢骨混凝土设计规程》(YB 9082—97)。2001年中国建筑科学研究院又编制了《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)。

1.3 钢筋混凝土异形柱的特点与发展现状

1.3.1 钢筋混凝土异形柱的特点

所谓异形柱^[6]是异形截面框架柱的简称,是指在满足结构强度和刚度的前提下,根据房间布置情况以及柱子具体位置需要而采用的肢长与肢厚比小于4的截面几何形状为L形、T形、Z形或十字形的柱子。钢筋混凝土异形柱框架结构是指框架柱采用异形截面柱代替传统的矩形柱,与梁、楼板构成不露柱子的隐型框架承重结构,并采用轻质墙体作保温、隔热的围护结构,是一种新型的住宅结构体系。一般常见的异形柱截面形式见图1-2。