

钟善桐 著

钟善桐 著

高层钢管混凝土结构

高层钢管混凝土结构

黑龙江科学技术出版社

黑龙江科学技术出版社

CONCRETE STEEL TUBE STRUCTURE

高层钢管混凝土结构

钟善桐 著

北方交通大学

藏 书

图书馆

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

责任编辑 徐晓飞

封面设计 龙岩

高层钢管混凝土结构

CFST High Rise Building

钟善桐 著

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话 (0451)3642106 电传 3642143(发行部)

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

发 行 全国新华书店

开 本 850 × 1168 1/32

印 张 12.75

字 数 328 000

版 次 1999 年 1 月第 1 版·1999 年 1 月第 1 次印刷

印 数 1 - 3 000

书 号 ISBN 7-5388-3468-0/TU·269

定 价 28.00 元

内 容 简 介

钢管混凝土由于具有承载力高、抗震性能好、节约钢材和施工简捷等较突出的优点,因而近 10 年来,在高层建筑中得到推广应用,发展十分迅速,已建和在建的工程已接近 20 个,其中以深圳市赛格广场大厦最为突出。该工程地下 4 层,地上 75 层,高 300 m,建筑面积 16 万多 m^2 ,全部柱子采用了钢管混凝土柱,将于 1999 年初建成。

本书介绍了高层钢管混凝土结构体系、节点构造和柱子的耐火性能与防火涂料厚度的计算。同时简要地介绍了钢管混凝土的抗震性能及组合指标设计法,并介绍了一些典型工程实例。本书是目前国内外唯一系统地介绍高层钢管混凝土结构的图书,对于土建方面的工程技术人员具有很高的参考价值。

作者简介

钟善桐,浙江省杭州市人,1919年生

任职 · 哈尔滨建筑大学教授、博士及博士后导师

· 国际钢-混凝土组合结构合作研究协会名誉主席,该
· 协会第一、第二届主席

· 中国钢结构协会常务理事

· 中国钢协钢-混凝土组合结构协会理事长

学历 · 川北大学本科毕业

· 哈尔滨工业大学研究班毕业

经历 · 哈尔滨工业大学讲师

· 哈尔滨建筑大学讲师、副教授、教授

著作 · 预应力钢结构,1986

· 钢管混凝土结构,1987初版、1994修订版

· 钢结构,主编,1988,高等学校试用教材

· 钢结构,1990修订本,中央广播电视大学教材

· 钢结构,主编,1991第一版,1999第二版,高等教育自
学考试教材

· 钢结构稳定设计,1991

· 大跨房屋钢结构,合编,1993,高等学校推荐教材

序

自 80 年代末开始,钢管混凝土结构逐渐地被应用于高层建筑中,发展十分迅速。仅仅 10 年时间,从局部柱子采用钢管混凝土柱发展到大部分柱子采用,又进展到全部柱子采用;由在近百米高度的高层建筑中被采用,发展到被近三百米高度的超高层建筑所采用……发展形势之迅猛,前途之广阔,可见一斑。

钢管混凝土柱结构在高层建筑中被采用,而且发展如此迅速,主要原因是其具有胜过其他结构的优点,如抗震性能好、承载力高和施工简便迅速等。可以预期,在我国经济迅速发展的 21 世纪,在高层和超高层建筑中,钢管混凝土必将取代劲性钢筋混凝土柱和钢柱,而居于优先采用的地位。

钢管混凝土用于高层和超高层建筑中,毕竟是新生事物,不能因袭其他结构的体系和细部构造,必须在其他结构应用取得的经验基础上,密切结合本身的特点,创造一些新的结构体系和细部构造,才能充分发挥这种结构的优点,形成一种新的高层建筑结构。

本书是在总结近年来国内高层和超高层建筑采用钢管混凝土结构经验的基础上,结合作者有关的科研工作

和成果编写的。全书的重点是高层钢管混凝土结构的体系和节点构造,这是实际工程应用中最常遇到问题的方面,也是设计中认识比较模糊的方面。希望本书能在推广应用方面起一些促进作用。

由于水平所限及经验有限,本书可能存在一些问题和缺点,热诚地希望读者提出宝贵意见。

钟善桐

1999年元月

Preface

Concrete filled steel tubular (CFST) structures have gradually been adopted in high rise buildings since late 80, and have achieved a fast development. The process of adoption of CFST columns, which is from few columns to most columns, then from most to all the columns in one building, and from buildings 100 meters high to 300 meters high, has taken only ten years. It can be seen that the applications of CFST structures in high rise buildings are of a very bright future.

The applications and fast development of CFST members in high rise buildings are decided by their structural advantages, such as good aseismic behavior, high bearing capacity, construction convenience and etc. It's believed that CFST columns will be used in high rise and super high rise buildings prior to steel encased in concrete and steel structures in next century in China.

However, the application of CFST members in high rise buildings is a new practice. They can only show their good structural behavior fully if suitable structural detail design is achieved. Simply coping other structural details are not acceptable.

This book has summarized the achievements of application of CFST structures in high rise buildings and super high rise

buildings in China, and also the author's research achievements in recent years. This book focuses the structural systems and the joint details of CFST structures in high rise buildings, which are always happened and frequently asked and difficult to tell clearly in the design practice. The author hopes this book can be used as a guide in the further application of CFST structures.

Any comments and suggestions are warmly welcomed.

Zhong Shantong

January, 1999

目 录

第一章 绪 言	(1)
第一节 高层建筑与社会发展的关系.....	(1)
第二节 近代高层建筑的发展.....	(3)
第三节 钢管混凝土用于高层建筑中的特点	(14)
第二章 组合指标设计法	(16)
第一节 组合设计指标的合理性	(16)
第二节 单一应力状态构件的设计	(32)
第三节 多种应力状态构件的设计	(37)
第三章 钢管混凝土的塑性和抗震性能	(44)
第一节 钢管混凝土压弯构件在循环荷载 作用下材料的本构模型	(44)
第二节 钢管混凝土构件在循环荷载作用下的 弯矩曲率关系	(50)
第三节 钢管混凝土构件在循环荷载 作用下的 $P - \Delta$ 关系	(67)
第四节 高层建筑中钢管混凝土柱的轴压比问题	(75)
第四章 高层钢管混凝土结构的优点与施工	(90)
第一节 钢管混凝土用于高层建筑中的优点	(90)
第二节 钢管混凝土的施工特点	(96)
第三节 钢管初始应力对钢管混凝土柱工作性能 的影响	(98)
第五章 钢管混凝土柱的耐火性能	(127)
第一节 钢管混凝土耐火性能的一般概念.....	(127)
第二节 影响钢管混凝土耐火性能的因素和 模化处理.....	(131)
第三节 构件截面温度场的计算.....	(137)

第四节	临界温度和临界时间(耐火时间)的确定	· · · · ·	(146)
第五节	防火涂料层厚度的计算	· · · · ·	(158)
第六章	高层钢管混凝土结构体系	· · · · ·	(165)
第一节	高层建筑采用的结构体系	· · · · ·	(165)
第二节	各种结构体系的特点和应用	· · · · ·	(167)
第三节	钢管混凝土空间桁架内筒的工作性能	· · · · ·	(178)
第七章	高层钢管混凝土结构的节点构造	· · · · ·	(187)
第一节	高层钢管混凝土结构采用的节点 种类和特点	· · · · ·	(187)
第二节	刚接节点的构造和特点	· · · · ·	(191)
第三节	铰接节点的构造和特点	· · · · ·	(244)
第四节	其他节点的构造和特点	· · · · ·	(270)
第八章	高层钢管混凝土工程应用	· · · · ·	(277)
第一节	局部柱子采用钢管混凝土柱的 高层建筑	· · · · ·	(277)
第二节	大部分柱子采用钢管混凝土柱的 高层建筑	· · · · ·	(286)
第三节	全部柱子采用钢管混凝土柱的高层建筑	· · · · ·	(314)
附录			
表 A	钢管混凝土杆件几何特征表	· · · · ·	(339)
表 B	组合轴压强度设计值 f_{sc} (第一组钢材)	· · · · ·	(380)
表 C	组合抗剪强度设计值 f_{sc}^v (第一组钢材)	· · · · ·	(381)
表 D	组合轴压弹性模量值 E_{sc} (第一组钢材)	· · · · ·	(382)
表 E	系数 $k_2 = E_{sc}^M / E_{sc}$ 比值表	· · · · ·	(384)
表 F	系数 $k_3 = G_{sc} / E_{sc}$ 比值表	· · · · ·	(385)
表 G	稳定系数 φ 值	· · · · ·	(386)
参考文献	· · · · ·	· · · · ·	(387)

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
§ 1 Relationships Between High Rise Buildings and Society Development	(1)
§ 2 Development of High Rise Buildings in Modern Times	(3)
§ 3 Characteristics of CFST Adopted in High Rise Buildings	(14)
Chapter 2 Composite Indexes Design Method	(16)
§ 1 Reasonableness of the Composite Indexes	(16)
§ 2 Design of Members under Single Stress States	(32)
§ 3 Design of Members under Multi Stress States	(37)
Chapter 3 Plasticity and Aseismic Behaviors of CFST	(44)
§ 1 Constitutive Relationships of Steel and Concrete for CFST Beam Columns under Cyclical Loading	(44)
§ 2 Relations of Moment Curvature of CFST Members under Cyclical Loading	(50)
§ 3 Relations of P - Δ for CFST Members under Cyclical Loading	(67)
§ 4 Axial Compressive Force Ratio of CFST Columns in high Rise Buildings	(75)
Chapter 4 Advantages and erection of CFST Structures in High Rise Buildings	(90)
§ 1 Advantages of CFST Adopted in High Rise Buildings	(90)
§ 2 Characters of Erection for CFST Structures	(96)
§ 3 Initial Stress of Steel Tube Effect on the Behaviors of CFST Columns	(98)

Chapter 5 Fire Resistant Behaviors of CFST Columns	.....	(127)
§ 1 General Conception of Fire Resistant Behaviors for CFST Columns	.....	(127)
§ 2 Various Factors Effect on the Fire Resistance of CFST and Modeling Measures.	.....	(131)
§ 3 Calculation of Temperature Field on Cross Section of Members	.....	(137)
§ 4 Determination of the Critical Temperature and Critical Time(Fire Resistance Time)	.....	(146)
§ 5 Calculation of the Thickness of Fire Resisting Covering of CFST Columns	.....	(158)
Chapter 6 Structure Systems of CFST High Rise Buildings	.....	(165)
§ 1 Structure Systems Adopted in CFST High Rise Buildings	.....	(165)
§ 2 Characters of Various Structure Systems and Their Applications	.....	(167)
§ 3 Behaviors of CFST Space Truss inner Cylinder	.....	(178)
Chapter 7 Construction of Joints for CFST High Rise Buildings	.....	(187)
§ 1 Kinds and Characters of Joints Adopted in CFST High Rise Buildings	.....	(187)
§ 2 Construction and Characters of Rigid Joints	.....	(191)
§ 3 Construction and Characters of Hinge Joints	.....	(244)
§ 4 Construction and Characters of Other Joints	.....	(270)

Chapter 8 Engineering Applications of CFST High Rise

Buildings	(277)
§ 1 Few CFST Columns Adopted in High Rise Buildings ...	(277)
§ 2 Most CFST Columns Adopted in High Rise Buildings ...	(286)
§ 3 All the CFST Columns Adopted in High Rise Buildings	(314)
Appendix	
Table A Geometry Feature of CFST	(339)
Table B Coefficient of f_{sc}	(380)
Table C Coefficient of f_{sc}^v	(381)
Table D Coefficient of E_{sc}	(382)
Table E Coefficient of $k_2 = E_{sc}^M / E_{sc}$	(384)
Table F Coefficient of $k_3 = G_{sc} / E_{sc}$	(385)
Table G Coefficient of φ	(386)
Reference	(387)

第一章 绪 言

第一节 高层建筑与社会发展的关系

随着人类文明进步,生活水平逐步提高,人们对生活的需求随之提高,居住和生活条件也就逐步地得到改善。可见,人类居住和生活条件的演变,直接反映了人类社会的发展和进步。

在古代的阶级社会中,统治阶级首先重视的是其生活四要素:衣、食、住、行。在这四方面必须区别于平民百姓,其中“住”就是居住条件和环境。统治阶级居住的房舍显然不同于平民,力求高、宽和大。

但是房屋建筑的发展尚取决于科学技术的进步,其中重要的一个因素是建筑所用材料的发现和发展。

古代,建筑用材从木、石发展到砖,因而人类的居住建筑也就从原始的穴居发展到木石结构,又由木石结构发展到砖木结构。

当时的砖木结构一般能达到二三层,个别的著名建筑物有达到五六层的。

18世纪欧洲工业革命后,人类掌握了冶金术,得到了强度远远超过砖木的钢铁材料,这就为建筑技术的快速发展创造了条件。

随着工业生产的不断发展,人口渐渐地向城市集中,逐渐地出现人口密集的大城市。初期,由于建筑技术的发展落后于城市人口的增长,城市人民的居住建筑仍以木结构的平房为主,因而城市面积逐渐膨胀;相应的是农村在缩小,耕地在减少。不过,当时各国人口还不多,上述矛盾并不明显。

19世纪以来,由于建筑材料的不断改进,科学家对力学和结构知识的不断深入掌握,才开始能够满足人类对居住建筑物的更

高要求；加上大都市无限扩大带来的一系列新矛盾，如耕地的减少影响着农作物的供应，城市面积过大在城市人民生活的道路、交通、水电供应等方面产生问题。这一切促使城市建筑由平房向多层建筑发展，并在个别地方出现了 10~20 层的高层建筑。

20 世纪初期，我国工业开始有了发展，大城市也随之出现。城市住房也从平房发展到二三层住宅，当时的最高建筑是上海 18 层的国际饭店。

解放后，随着社会生产的发展，北京、上海等城市不断地建造了大批多层建筑，居民的住宅一般都是四五层建筑，一些公共建筑物也只在 10 层左右。

改革开放之后，由于社会生产的快速增长，为了缓解城市面积的不断扩展的速度，全国大城市逐渐出现了高层建筑，由 20 层向 40~50 层，又由 40~50 层向 80~90 层发展。如上海浦东已建成 88 层金茂大厦，高达 420 m，成为目前世界第三最高建筑物。上海浦东正在建造中的环球金融中心，达 95 层，高 460 m，建成后将成为当今世界的最高建筑物。

近 10~20 年来，高层和超高层建筑的不断涌现，主要反映了科学技术的发展。人们只有在掌握了新材料的性能，掌握了可靠的设计理论和方法，掌握了高层建筑中的交通、供应、水暖通风以及防火抗震等各方面的高新技术后，才能实现。日本就是一个鲜明的例子。众所周知，日本是千岛之国，地震较为频繁，每遭遇一次地震，大量建筑物被毁，人民财产遭到巨大损失。因此在 50 年代以前，还禁止修建高层建筑，只允许建造层数不多的建筑物，因为建筑物的抗震问题远远没有得到解决。

随着科学技术的进步和发展，日本人掌握了可靠的建筑物抗震设计技术之后，立即取消了建造高层建筑的禁令。随之大量地出现了很多高层和超高层建筑，以解决大都市无限膨胀及人口众多的矛盾。据报道，日本有人设想建造一座高达千米、能容纳十几万人口的特高大建筑物。

综上所述,可见高层建筑的出现和发展与人类社会发展密切相关。近年来,建造高层和超高层的建筑不但是社会发展的需要,而且还标志着一个国家的科学技术水平,以及这个国家的财政和经济实力。在现阶段,从事高层和超高层建筑的科学技术研究,是时代的需要,也是我国从事土木建筑科学技术研究和推广应用者的光荣职责。我们应该在已有国内外对高层建筑方面取得的丰富理论和实践知识的基础上,努力钻研和创新,创造出既适合我国情况,又具有高水平的新结构体系和一系列新技术,为我国的超高层建筑的发展做出自己的贡献。

第二节 近代高层建筑的发展

由于高层建筑的发展,被列为高层建筑的标准也在提高。80年代前,凡是9层以上的建筑物就被称为高层建筑。而目前,接近20层的称为中高层建筑;30层左右而接近100m的称为高层建筑;而50层左右,高度为200m以上的称为超高层建筑。

1. 高层建筑结构体系

到目前为止,在高层建筑中采用的结构体系,可归纳为三类:

- (1) 钢结构——钢框架和钢支撑简称框支体系;
- (2) 钢筋混凝土结构;
- (3) 钢-钢筋混凝土混合结构,包括:
 - a. 钢框架-钢筋混凝土剪力墙,简称框剪体系;
 - b. 钢框架-钢筋混凝土内筒,简称框筒体系;
 - c. 劲性钢筋混凝土柱和钢筋混凝土内筒。

此外,还有其他的混合结构体系。

根据在高层建筑中采用的多少来排列,首先是钢框架结构,其次是劲性钢筋混凝土结构,再其次是钢筋混凝土结构。从应用于建筑物的高度来分也是这个顺序,较高的建筑物采用钢框架结构,