

大连理工大学学术研究丛书

钢骨高强混凝土短柱力学性能

*Mechanics Performance of Steel Reinforced
High-strength Concrete Short Columns*

贾金青 赵国藩 著



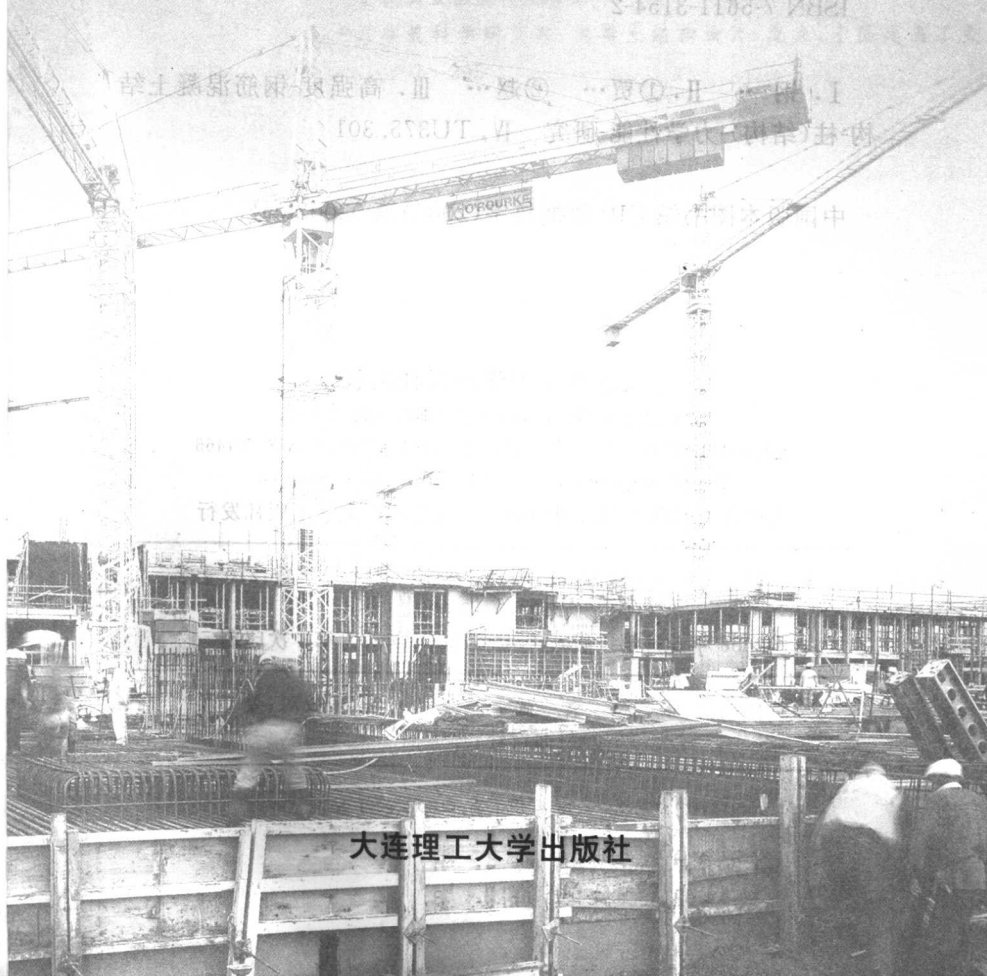
大连理工大学出版社

2006 贾金青、赵国藩 著

钢骨高强混凝土短柱力学性能

贾金青 赵国藩 著

大连理工大学出版社



© 贾金青,赵国藩 2006

图书在版编目(CIP)数据

钢筋高强混凝土短柱力学性能 / 贾金青,赵国藩著. —大连:
大连理工大学出版社,2006.5

(大连理工大学学术研究丛书)

ISBN 7-5611-3154-2

I. 钢… II. ①贾… ②赵… III. 高强度-钢筋混凝土结
构-柱(结构)-力学性能-研究 IV. TU375.301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 030025 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84707961 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:10.75 字数:270 千字

印数:1~3 000

2006 年 5 月第 1 版

2006 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑:张 凤 袁 斌

责任校对:姜 颖

封面设计:孙宝福

定 价:28.00 元

前 言

随着我国经济水平的飞速提高,综合国力的迅猛提升,城市建设的日新月异,高层、超高层建筑也如雨后春笋般地林立在大中城市,成为城市一道亮丽的风景线。高强、超高强混凝土也因其适应了现代建筑向高层和大跨方向的发展,而成为当代混凝土科学研究和应用的热点之一。由于钢筋混凝土组合结构兼具混凝土结构和钢结构的优点,在实际工程中的应用也日益增多。将高强混凝土应用于钢筋混凝土组合结构,能够大大减小构件的截面尺寸,扩大柱网间距,减轻建筑物自重,降低工程造价。世界上已经建成和正在建设的超高层建筑大多采用钢筋高强、超高强混凝土组合结构体系,这充分展现了其在工程中的实用价值和美好应用前景。

与普通混凝土相比,高强、超高强混凝土的优异性能是具有更高的强度和更好的耐久性。然而随着混凝土强度等级的提高,突出的力学性能弱点是其呈现出愈来愈显著的脆性。新规范《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)中混凝土强度等级范围为 C15~C80,因此为在实际工程中安全有效地使用高强、超高强混凝土,及时开展针对高强、超高强混凝土结构的研究是十分必要

的。在高层及超高层建筑中,即便是采用了高强、超高强混凝土,由于建筑单体的特殊性和复杂性,短柱的出现仍然不可避免,混凝土的高脆性和短柱易发生以剪切破坏为主的脆性破坏,这两个严酷的因素组合在一起,往往会大大降低结构的抗震性能。因此,如何保证高强、超高强混凝土短柱和钢骨高强、超高强混凝土短柱具有足够的抗震延性是一个值得研究的课题。

本书主要讨论的就是高强、超高强混凝土短柱和钢骨高强、超高强混凝土短柱的抗震性能问题,根据作者的研究进展,还进一步研究了钢骨超高强混凝土柱的抗震性能。全书按钢骨高强混凝土短柱、高强混凝土短柱,钢骨超高强混凝土短柱、超高强混凝土短柱,以及钢骨超高强混凝土柱分为三大部分共 15 章。其中有关高强混凝土部分的内容主要针对开展研究时,当时施行的《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 已不适于指导高强混凝土的实际工程应用;后续有关超高强混凝土部分的研究主要针对现行《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 不适于指导超高强混凝土结构的实际工程应用而进行。本书简要概述了高强、超高强混凝土及钢骨混凝土组合结构的研究进展、力学性能和工程应用,系统总结了作者在本项目研究中所取得的科研成果。这些研究成果可为规范的再次修订以及高强、超高强混凝土结构的设计和施工提供参考。

谨以此书献给从事高强、超高强混凝土及组合结构设计、施工和研究的人们。

本项目的研究得到了长江学者奖励计划基金和大连

理工大学校科研基金的大力资助,对此表示衷心的感谢。

作者在从事本项目的研究过程中,长江学者奖励计划特聘教授徐世烺先生对本项目的研究给予了莫大的帮助和支持,博士生姜睿参加编写了本书的第八至第十四章,中建国际(深圳)设计顾问公司的厚童和大连市建筑设计院的孙根勤参加了本项目的研究工作,付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢。

贾金青

2005 年 7 月

主要符号

RC	钢筋混凝土
SRC	钢骨混凝土
SRHC	钢骨高强混凝土
N	柱子所受轴力
Q	柱子所受剪力
M	柱子所受弯矩
f_y	钢筋的屈服强度
f_u	钢筋的极限强度
δ_{10}	钢筋的延伸率
f_c	混凝土轴心抗压强度设计值
f_{ck}	混凝土轴心抗压强度标准值
γ_c	混凝土材料分项系数
λ	柱子的剪跨比
n	柱子的轴压比或轴压力系数
n_t	柱子的试验轴压比
n_d	柱子的设计轴压比
H	柱子高度
h	柱子截面高度
A	构件全截面面积
Δ	位移
R_u	极限转角
μ_Δ	位移延性系数

μ_{φ}	曲率延性系数
ε	应变
σ	应力
E_c	混凝土弹性模量
E_s	钢材弹性模量
s	箍筋间距
ρ	柱中纵向受力钢筋配筋率
ρ_v	柱中体积配箍率
β_k	柱中含箍特征值
ρ_{ss}	钢骨含钢率
f_{ss}	钢骨抗压、抗拉、抗弯强度设计值
A_{ss}	钢骨横截面面积
f_{ssv}	钢骨抗剪强度设计值
t_w, h_w	钢骨腹板厚度、高度
γ_s	截面塑性发展系数
V	剪力设计值
V_y^{ss}	实腹式钢骨受剪承载力
N_c^{rc}	柱中钢筋混凝土承担的轴力设计值

目 录

前 言

主要符号

第 1 章 绪 论	1
1.1 钢筋混凝土结构的特点、特性	1
1.2 钢筋混凝土结构在国内外的应用	4
1.3 钢筋高强混凝土短柱的研究	12
1.4 高强混凝土短柱的研究	12
1.5 超高强混凝土的主要特点和应用	13
1.6 钢筋超高强混凝土短柱的研究	15
1.7 超高强混凝土短柱的研究	16
1.8 钢筋超高强混凝土柱的研究	16
1.9 本书的主要工作	17
参考文献	20
第 2 章 钢筋高强混凝土短柱和高强混凝土短柱试验设计及 分析	26
2.1 试验参数	26
2.2 试件设计	29
2.3 试验装置	33
2.4 加载装置边界条件的分析	35
2.5 高强混凝土中几个力学指标间的关系	38
2.6 小 结	40
参考文献	40

第 3 章 高强混凝土短柱抗震性能的试验研究	42
3.1 引 言	42
3.2 试验概况	43
3.3 试验结果分析	43
3.4 高强混凝土短柱的延性	47
3.5 轴压比限值和最小配箍率	58
3.6 结 论	70
参考文献	71
第 4 章 钢骨高强混凝土短柱抗震性能试验研究	74
4.1 引 言	74
4.2 试验概况	75
4.3 试验分析	76
4.4 影响钢骨高强混凝土短柱延性的因素	91
4.5 轴压力系数限值和配箍率	103
4.6 结 论	107
参考文献	107
第 5 章 高强混凝土短柱抗剪承载力的试验研究	109
5.1 引 言	109
5.2 试验概况	110
5.3 试验结果分析	111
5.4 高强混凝土短柱的抗剪承载力	116
5.5 结 论	118
参考文献	119
第 6 章 钢骨高强混凝土短柱抗剪承载力的研究	121
6.1 引 言	121
6.2 试验概况	122
6.3 影响钢骨高强混凝土短柱抗剪承载力的因素	122
6.4 钢骨高强混凝土短柱抗剪承载力计算方法	127

6.5 计算结果与试验结果分析	131
6.6 结 论	134
参考文献	135
第7章 钢骨高强混凝土构件正截面承载力	136
7.1 引 言	136
7.2 累加强度法	138
7.3 SRHC 构件正截面的承载力	140
7.4 结 论	148
参考文献	148
第8章 钢骨超高强混凝土短柱及超高强混凝土短柱的试验设计	149
8.1 超高强混凝土的配制	149
8.2 试件设计及试验参数	152
8.3 试验装置及加载制度	155
8.4 小 结	156
参考文献	156
第9章 超高强混凝土短柱抗震性能的试验研究	158
9.1 引 言	158
9.2 试验概况	159
9.3 试验结果分析	160
9.4 超高强混凝土短柱的延性	173
9.5 轴压比限值和最小配箍率	180
9.6 结 论	186
参考文献	187
第10章 钢骨超高强混凝土短柱抗震性能试验研究	188
10.1 引 言	188
10.2 试验概况	189
10.3 试验结果分析	190

10.4	影响钢筋超强混凝土短柱延性的因素·····	210
10.5	轴压力系数限值的研究·····	220
10.6	结 论·····	226
	参考文献·····	227
第 11 章	钢筋超强混凝土短柱抗剪承载力的试验研究 ·····	229
11.1	引 言·····	229
11.2	试验概况·····	231
11.3	试验结果分析·····	232
11.4	钢筋超强混凝土短柱的抗剪承载力·····	238
11.5	结 论·····	242
	参考文献·····	242
第 12 章	钢筋超强混凝土短柱抗剪承载力的试验研究 ···	244
12.1	引 言·····	244
12.2	试验概况·····	245
12.3	钢筋超强混凝土短柱的破坏形式·····	246
12.4	影响钢筋超强混凝土短柱抗剪承载力的因素·····	246
12.5	钢筋超强混凝土短柱的抗剪承载力·····	248
12.6	结 论·····	252
	参考文献·····	253
第 13 章	钢筋超强混凝土柱抗震性能的试验研究 ·····	255
13.1	引 言·····	255
13.2	试验概况·····	256
13.3	试验结果分析·····	259
13.4	影响钢筋超强混凝土柱延性的主要因素·····	268
13.5	轴压力系数限值的研究·····	274
13.6	钢筋超强混凝土构件恢复力模型的特性研究·····	276
13.7	结 论·····	287
	参考文献·····	288

第 14 章 钢骨超高强混凝土柱抗剪承载力试验研究	290
14.1 引 言	290
14.2 试验概况	291
14.3 钢骨超高强混凝土柱的破坏形式	291
14.4 影响钢骨超高强混凝土柱抗剪承载力的主要因素	292
14.5 钢骨超高强混凝土柱的抗剪承载力	296
14.6 结 论	298
参考文献	299
第 15 章 超高强混凝土柱抗震性能试验研究	301
15.1 引 言	301
15.2 试验概况	301
15.3 试验结果分析	303
15.4 超高强混凝土柱的延性与耗能分析	311
15.5 超高强混凝土柱的受剪承载能力	314
15.6 小 结	318
参考文献	319

Contents

Preface

Main Symbol

Chapter 1	Introductory Remarks	1
1.1	Characteristics and Properties of Steel Reinforced Concrete Structure	1
1.2	Applications of Steel Reinforced Concrete in Domestic and Foreign	4
1.3	Research on Steel Reinforced High-strength Concrete Short Columns	12
1.4	Research on Reinforced High-strength Concrete Short Columns	12
1.5	Applications and Properties of Ultra High-strength Concrete	13
1.6	Research on Steel Reinforced Ultra High-strength Concrete Short Columns	15
1.7	Research on Reinforced Ultra High-strength Concrete Short Columns	16
1.8	Research on Steel Reinforced Ultra High-strength Concrete Columns	16
1.9	Main Research Work in This Book	17
	References	20

Chapter 2	Design and Analysis of Test for Steel Reinforced High-strength Concrete and High-strength Short Columns	26
2.1	Parameters of Test	26
2.2	Design of Test Pieces	29
2.3	Apparatus for Test	33
2.4	Analysis of Boundary Conditions of Apparatus for Test	35
2.5	Relationships between Several Mechanical Parameters of High-strength Concrete	38
2.6	Summary	40
	References	40
Chapter 3	Test Research on High-strength Concrete Short Columns in Anti-seismic Performance	42
3.1	Introduction	42
3.2	Test General Conditions	43
3.3	Analysis of Test Results	43
3.4	Ductility of High-strength Concrete Short Columns	47
3.5	Limited Values on Axial Compression Ratio and Minimum Stirrup Ratio	58
3.6	Conclusions	70
	References	71
Chapter 4	Test Research on Anti-seismic Performance of Steel Reinforced High-strength Concrete Short Columns	74
4.1	Introduction	74
4.2	Test General Conditions	75

4.3	Analysis of Test Results	76
4.4	Factors Affecting Ductility of Steel Reinforced High-strength Concrete Short Columns	91
4.5	Limited Values on Axial Compression Ratio and Minimum Stirrup Ratio	103
4.6	Conclusions	107
	References	107
Chapter 5 Test Research on Shear Strength of High-strength Concrete Short Columns		
		109
5.1	Introduction	109
5.2	Test General Conditions	110
5.3	Analysis of Test Results	111
5.4	Shear Strength of High-strength Concrete Short Columns	116
5.5	Conclusions	118
	References	119
Chapter 6 Research on Shear Strength of Steel Reinforced High-strength Concrete Short Columns		
		121
6.1	Introduction	121
6.2	Test General Conditions	122
6.3	Factors Affecting Shear Strength of Steel Rein- forced High-strength Concrete Short Columns	122
6.4	Computing Method for Shear Strength of Steel Reinforced High-strength Concrete Short Columns	127
6.5	Analysis of Computing Results and Test Results	131
6.6	Conclusions	134

References	135
Chapter 7 Flexural Strength of Steel Reinforced High-strength Concrete Members	136
7.1 Introduction	136
7.2 Superposed Strength Method	138
7.3 Flexural Strength of SRHC Members	140
7.4 Conclusions	148
References	148
Chapter 8 Design of Test for Steel Reinforced High-strength Concrete and High-strength Short Columns	149
8.1 Mix proportion Ratio of Ultra High-strength Concrete	149
8.2 Design of Test Pieces and Parameters of Test	152
8.3 Apparatus for Test and Loading Mechanism	155
8.4 Summary	156
References	156
Chapter 9 Test Research on Reinforced Ultra High-strength Concrete Short Columns in Anti-seismic Performance	158
9.1 Introduction	158
9.2 Test General Conditions	159
9.3 Analysis of Test Results	160
9.4 Ductility of Reinforced Ultra High-strength Concrete Short Columns	173
9.5 Limited Values on Axial Compression Ratio and Minimum Stirrup Ratio	180
9.6 Conclusions	186
References	187