

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 25320111151734

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

钢 骨 混 凝 土 短 柱 在 长 期 轴 压 荷 载 作 用 下 的
性 能 研 究

Study on long-term behavior of steel-reinforced concrete columns
under axial sustained compression

吴建清

指导教师姓名: 陈周熠 副教授

专业名称: 结 构 工 程

论文提交日期: 2014 年 4 月

论文答辩日期: 2014 年 5 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2014 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着国民经济的快速发展, 钢筋混凝土结构的应用越加广泛, 人们对钢筋混凝土结构的了解也越来越全面和深入, 目前, 对于钢筋混凝土柱的研究主要是集中在其极限承载力、粘结强度与抗震性能等方面, 对于长期荷载作用下混凝土的收缩、徐变等力学特性的研究还较少。而且目前对钢-混凝土组合结构的长期荷载作用的性能的试验与理论研究主要还是针对钢管混凝土。然而, 由于钢管混凝土中的混凝土处于钢管内, 而钢筋混凝土中的混凝土则是外露于环境中, 二者在长期荷载作用下的收缩和徐变特性必然会不同。因而对于钢管混凝土的研究得到的结论不能完全应用于钢筋混凝土柱。因此, 本文对钢筋混凝土柱在长期轴向荷载作用下的收缩徐变引起的变形性能以及收缩徐变对于钢筋混凝土轴压承载力的影响等问题进行了试验和理论研究。

本文的研究主要包括以下内容:

- ①通过短柱长期荷载试验与承载力试验, 观测收缩、徐变的发展历程, 对比经历长期荷载试验与未经历长期荷载试验的短柱的极限承载力, 分析收缩、徐变对承载力的影响。
- ②介绍混凝土的收缩、徐变机理及影响混凝土收缩、徐变的因素, 总结和比较常用的收缩、徐变预测模型及徐变计算理论, 选择合适的预测模型, 计算素混凝土的收缩、徐变值, 并采用龄期调整有效模量法计算钢筋混凝土短柱与钢筋混凝土短柱在长期荷载作用下的变形。
- ③基于上述成果, 利用 ANSYS 有限元分析软件, 利用显式徐变分析方法与隐式徐变分析方法分别模拟混凝土的收缩、徐变, 计算钢筋混凝土短柱与钢筋混凝土柱在轴向长期荷载作用下由于混凝土的收缩、徐变引起的变形, 并与试验数据及龄期调整有效模量法计算得到的理论值作比较, 利用 ANSYS 简要分析影响钢筋混凝土短柱长期变形的因素。
- ④通过 ANSYS 模拟分析混凝土收缩、徐变对钢筋混凝土轴压承载力的影响, 并与试验数据对照、验证。

关键词: 钢筋混凝土; 长期性能; ANSYS

Abstract

With the development of the national economy, steel reinforced concrete (SRC) has been widely used, people's understanding of SRC is also becoming more comprehensive and in-depth, so far, study on SRC columns is mainly concentrated in the ultimate axial capacity, the cohesive strength and the seismic performance of SRC columns, research on the shrinkage and creep of concrete under axial sustained loading is very little, furthermore, the experimental and theoretical studies of long-term behavior of steel-concrete composite structure are mainly aimed at concrete filled steel tube (CFST). As the concrete of CFST is filled in the tube and the concrete of SRC is exposed to the environment, their characteristics of creep and shrinkage under axial sustained loads are different, the conclusions of the research on CFST column cannot be fully applied to steel reinforced concrete column. on this account, this paper studies on the long-term behavior of steel-reinforced concrete columns under axial sustained compression.

In this paper, the following researches have been completed:

- ① Provides experimental study on the long-term behavior of short SRC columns under axial sustained loading, and on their ultimate axial capacity, observe the development of shrinkage and creep and then analyse the effects of shrinkage and creep upon the axial compressive strength of SRC column;
- ② Introduce the mechanism of concrete shrinkage, creep and the influence factors of shrinkage and creep of concrete, Summarize the prediction models of shrinkage, and creep, Select the appropriate prediction models to calculation the values of shrinkage and creep of concrete. Using age-adjusted effective modulus method (AEMM) to calculate the deformation of SRC columns under axial sustained load.
- ③ Based on the above results, Using the finite analysis software ANSYS to simulate the shrinkage and creep of concrete by the implicit creep method and explicit creep method, calculation the deformation of SRC columns under axial sustained load caused by the creep and shrinkage of concrete, And compared with the experimental data and the theoretical values obtained from the AEMM method.
- ④ Study The effect of concrete shrinkage, creep of reinforced concrete axial compression bearing capacity by ANSYS simulation, And verification them with test data, the results showed that the axial sustained load have no significant effect upon the axial compressive strength of the SRC columns.

Keywords: SRC column; long-term behaviour; ANSYS

目录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
第一章 绪论.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 钢筋混凝土的特点.....	1
1.3 钢筋混凝土的应用和研究概况.....	2
1.4 长期荷载对钢筋混凝土柱的性能影响研究.....	3
1.4.1 混凝土的收缩、徐变.....	3
1.4.2 收缩、徐变对钢筋混凝土柱的影响.....	3
1.4.3 混凝土收缩、徐变的研究现状.....	4
1.5 本文的研究内容.....	4
第二章 钢筋混凝土短柱的试验与分析.....	6
2.1 试验概况.....	6
2.2 试件及材料性能.....	6
2.3 试验仪器与设备.....	10
2.4 长期荷载试验.....	11
2.4.1 试验方法.....	11
2.4.2 试验结果.....	13
2.5 轴压承载力试验.....	14
2.5.1 试验方法.....	14
2.5.2 试验结果.....	15
2.5.3 承载力计算方法及与试验结果比较.....	19
2.6 本章小结.....	20
第三章 钢筋混凝土短柱在长期荷载作用下的变形计算.....	22
3.1 收缩、徐变的机理及影响因素.....	22

3.1.1 收缩的机理.....	22
3.1.3 收缩、徐变的影响因素.....	23
3.2 混凝土的收缩、徐变预测模型	25
3.3 徐变计算理论.....	30
3.4 钢筋混凝土短柱在长期轴向荷载作用下的变形计算.....	32
3.4.1 素混凝土收缩、徐变及徐变系数的计算.....	33
3.4.2 钢筋混凝土短柱在长期轴向荷载作用下的变形计算.....	34
3.5 本章小结.....	35
第四章 钢筋混凝土短柱的 ANSYS 有限元分析.....	37
4.1 ANSYS 12 介绍	37
4.1.1 ANSYS 有限元分析的基本过程.....	37
4.1.2 ANSYS 非线性分析的收敛问题.....	39
4.2 ANSYS 收缩、徐变分析方法	40
4.2.1 徐变分析方法.....	40
4.2.2 收缩分析方法.....	43
4.3 钢筋混凝土短柱分析	44
4.3.1 素混凝土的收缩、徐变值的计算.....	44
4.3.2 长期荷载作用下的变形分析.....	47
4.3.3 混凝土收缩、徐变对钢筋混凝土承载力的影响分析.....	71
4.4 影响钢筋混凝土收缩、徐变的因素分析	73
4.4.1 轴压比的影响.....	73
4.4.2 含钢率的影响.....	73
4.4.3 混凝土强度的影响.....	74
第五章 结论.....	76
参考文献.....	77
致 谢.....	81
作者攻读硕士学位期间发表的论文.....	82

Contents

Chapter 1 . Introduction.....	1
1.1 Summary.....	1
1.2 The Characteristics of SRC	1
1.3 Summary of The Application and The Research of SRC	2
1.4 The Long-term Behavior of SRC Columns Under Axial Sustained Loads	3
1.4.1 Shrinkage and Creep of Concrete	3
1.4.2 Shrinkage and Creep Effects in SRC Columns.....	3
1.4.3 Research Status of Shrinkage and Creep of Concrete	4
1.5 The Research of This Paper	4
CHAPTER 2 The Experimental Study of SRC Short Columns.....	6
2.1 General Situation of The Experiments	6
2.2 The Test Specimen and Material Properties	6
2.3 THE Instruments and Equipment	10
2.4 Long-term Axial Loading Experiment of SRC Columns	11
2.4.1 The Method of The Experiment.....	11
2.4.2 Results	13
2.5 The Experiment of The Ultimate Strength of The SRC Columns.....	14
2.5.1 The Method of The Experiment.....	14
2.5.2 Results.....	15
2.5.3 Calculation of The Ultimate Strength of SRC and The Comparison with Results of The Experiment.....	19
2.6 The Summary of This Chapter	20
Chapter 3 Calculation of The Long-term Axial Deformations of SRC Columns.....	22
3.1 The Mechanism and Influence Factors of Shrinkage and Creep.....	22
3.1.1 The Mechanism of Shrinkage	22
3.1.2 The Mechanism of Creep	22
3.1.3 Influence Factors of Shrinkage and Creep	23
3.2 The Prediction Modes of Shrinkage and Creep of Concrete	25
3.3 Method for Creep Analysis.....	30

3.4 Calculation of Deformation of Concrete Under Long-term Load	32
3.4.1 Calculation of Shrinkage, Creep and The Creep Coefficient of Concrete ...	33
3.4.2 Calculation of The Long-term Axial Deformations of SRC Columns.....	34
3.5 The Summary of This Chapter	35
Chapter 4 Analysis of SRC Short Columns Based on ANSYS.....	37
4.1 The Introduction of ANSYS 12	37
4.1.1 The Basic Process of Analysis	37
4.1.2 Convergence Criteria of ANSYS Nonlinear Analysis	39
4.2 Method for Analysis of Creep and Shrinkage in ANSYS	40
4.2.1 Method for Creep Analysis	40
4.2.2 Method for Analysis of Shrinkage	43
4.3 Analysis of SRC Short Columns	44
4.3.1 Calculation of Shrinkage and Creep of Concrete	44
4.3.2 Analysis of Deformation of Concrete Under Long-term Load	47
4.3.3 Analysis of The Effect of Concrete Shrinkage and Creep on The Bearing Capacity of SRC.....	71
4.4 Influence Factors of Shrinkage and Creep of SRC	73
4.4.1 Influences of Axial Compression Ratio	73
4.4.2 Influences of Steel Ratio	73
4.4.3 Influences of Concrete Strength.....	74
4.5 The Summary of This Chapter	75
Chapter 5 Conclusions.....	76
References.....	77
Acknowledgments.....	81
List of Publications.....	82

第一章 绪论

1.1 概述

随着国民经济的迅速发展，越来越多的大跨建筑、高层及超高层建筑被人们建造起来，钢筋混凝土结构也得到广泛的应用。钢筋混凝土（SRC）结构是指在钢筋混凝土中配置钢骨的组合结构形式，也称为劲性混凝土结构，钢骨的类型很多，主要有圆钢管、矩形钢管、H型钢和十字形钢骨等，由于在混凝土中配置了钢骨，构件的强度和刚度大大提高，可以有效的减小构件的截面尺寸，同时，构件的延性也得到提高，由于其一系列的优点，近年来，钢筋混凝土结构迅速兴起，与钢筋混凝土结构、钢结构、砌体结构和木结构并列为五大结构。

1.2 钢筋混凝土的特点

与钢筋混凝土相比，钢筋混凝土的优点^[1-6]有：

- 1、承载力高：钢骨的强度比混凝土高，因而钢筋混凝土结构的承载力相比钢筋混凝土结构要高，另外，配置了实腹式钢骨的钢筋混凝土构件其抗剪承载力也大大提高。由于承载力的显著提高，与钢筋混凝土构件相比，钢筋混凝土构件可以减小截面尺寸，增加房屋的有效使用面积。
- 2、抗震性能好：钢筋混凝土结构在达到承载力之后，由于钢骨的作用，其承载力下降较平缓，提高结构的变形能力，构件的抗剪承载力提高，延性也有显著改善。
- 3、施工方便：钢筋混凝土中由于配置了钢骨，在混凝土浇筑前就具有一定的承载力，施工时可以作为支架结构，可以减少模板工作量，加快施工的进度。

与钢结构相比，钢筋混凝土的优点^[2-6]有：

- 1、节省钢材：由于外包混凝土的约束作用，钢骨的强度可以充分的发挥，与纯钢柱相比，钢筋混凝土柱能节省很多钢材，经济性较好。
- 2、稳定性好：钢筋混凝土柱中，钢骨和混凝土共同受力，钢骨受混凝土的约束作用使其不易发生受压失稳，外包混凝土防止钢骨的局部屈曲，提高钢骨的整体刚度。因而钢筋混凝土的局部稳定性和整体稳定性都比钢柱好。
- 3、耐火性、耐腐蚀性好：混凝土作为钢骨的保护层抵抗有害介质的侵蚀，防止

钢材的锈蚀，因而钢骨混凝土柱的耐腐蚀性能比钢结构好。同时由于较厚的混凝土作为保护层，也使钢骨混凝土的耐火性比钢结构好很多，钢骨混凝土结构最早得到发展就有耐火性与耐久性方面的考虑。

1.3 钢骨混凝土的应用和研究概况

国外对于钢骨混凝土结构的研究最早可追溯到 20 世纪初，国外学者对钢骨混凝土结构开展了大量的理论与试验方面的研究工作，并依此提出了许多理论及分析方法。

钢骨混凝土结构在日本的研究和应用^[7]最为广泛，20 世纪 20 年代日本就开始了对于钢骨混凝土结构的研究工作，二战后日本兴建了大量的钢骨混凝土结构建筑，1950 年日本出台了建筑基本法，其中规定了钢骨混凝土结构的使用，1958 年又颁布了《钢骨混凝土规范》，在此期间其主要的研究内容为钢骨混凝土梁的抗弯性能、柱的偏压性能、梁和柱的剪切性能及钢骨与混凝土的粘接性能等，在研究的基础上发展了基于叠加原理的理论体系，即认为钢骨混凝土结构的承载力是由钢骨与混凝土承载力叠加起来的，60 年代以后日本加强了对钢骨混凝土结构抗剪性能的研究，1963 年日本对于《钢骨混凝土规范》做了修改，对剪力计算给出了具体的公式，1970 年以后日本的研究重点是构件的滞回性能及达到最大强度后的延性等。

欧美国家的学者对钢骨混凝土的研究也较早开始，20 世纪 60 年代初，Bondnal 提出了描述钢骨混凝土柱工作性能的强度理论，Basu 通过对不同长细比、不同截面的钢骨混凝土的试验，发现钢骨混凝土柱的工作性能可以通过由荷载、长细比及截面系数决定的系数和轴向荷载稳定系数等系数来实现。英国的钢结构规范 BS5400.part.5 采用按组合结构进行弹性设计然后进行修正的设计方法；80 年代初，德国也提出了钢骨混凝土柱的设计草案，随后完成正式版本；欧洲统一规范中也有针对钢骨混凝土结构的设计方法，即假定型钢和混凝土共同受力，采用极限强度设计方法；美国混凝土协会的规范 ACI-318 及钢结构协会的规范 ASI 对于钢骨混凝土结构的设计都给出了相关规定^[7]。

前苏联也对钢骨混凝土结构进行了大量的研究，1951 年前苏联颁布钢骨混凝土结构设计规范，并在 1978 年出版了钢骨混凝土结构设计指南，前苏联学者的设计方法主要以极限强度理论为依据，即假定钢骨及混凝土共同作用，在荷载

作用下二者各自承担压力,在极限荷载下钢筋完全屈服,苏联的钢筋混凝土结构多用于工业厂房及超高层建筑的框架结构中^{[6][7]}。

国内对于钢筋混凝土结构的研究^[7-15]起步较晚,20世纪50年代,钢筋混凝土结构从前苏联引入我国,最初我国的钢筋混凝土结构都是由前苏联设计,主要应用于工业厂房。80年代以后,我国兴建了很多高层建筑,其中大都采用钢筋混凝土结构,对钢筋混凝土结构的研究也愈发得到重视。在国外研究基础上,中国建筑科学研究院、冶金工业部建筑研究总院、清华大学、同济大学等多家科研单位与高校对钢筋混凝土结构开展了试验和理论研究,他们的研究内容主要包括钢筋混凝土柱的轴心受压性能、偏心受压性能,梁的抗弯、抗剪和抗裂性能及节点的抗剪性能等方面^[7]。冶金工业部建筑研究总院开展了对钢筋混凝土梁、柱的试验研究^[8],辽宁省建筑设计研究院通过设计实践提出了钢管高强核心混凝土柱^[9],西安建筑科技大学进行了钢筋混凝土框架结构的模拟地震振动台试验与拟动力试验,深入研究钢筋混凝土结构的特性与分析方法^[10]。经过大量的试验研究与理论研究,我国逐渐形成了较完整的设计计算理论,1997年冶金工业部建筑研究总院负责编制了《钢筋混凝土结构设计规程》YB9082-97^{[8][13]},2002年建设部颁布了《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ138-2001^{[7][14]},2006年中冶集团建筑研究总院发布了《钢筋混凝土结构技术规程》YB9082-2006^[15]。

近年来,钢筋混凝土结构被应用于国内很多高层建筑中,如北京香格里拉饭店、上海金茂大厦、上海环球金融中心、台北国际金融中心等。我国对钢筋混凝土结构的应用也日趋成熟,目前,在国内高层建筑中大都是在需要发挥钢筋混凝土优势与特点的地方采用,如框架-剪力墙结构与框筒结构中的框支层采用钢筋混凝土柱,在跨度较大的结构中采用钢筋混凝土梁等^[5]。

1.4 长期荷载对钢筋混凝土柱的性能影响研究

1.4.1 混凝土的收缩、徐变

收缩、徐变是混凝土与时间有关的两个重要的物理力学性质,徐变是指混凝土结构在长期持续荷载作用下,其变形随时间增大的现象,收缩是混凝土在硬化过程中,由于各种原因引起的体积随时间增加而逐渐缩小的现象^{[16][17]},混凝土的收缩、徐变对结构的性能有着重要的影响。

1.4.2 收缩、徐变对钢筋混凝土柱的影响

徐变和收缩会导致钢筋混凝土柱在长期荷载作用下变形的持续增加,在持荷的早期阶段混凝土的变形发展很快,此后短柱的变形逐渐趋于稳定。收缩和徐变也会引起钢筋和混凝土之间的应力重分布,柱中的混凝土应力逐渐减少而钢材的应力会持续增加,随着时间增长,混凝土与钢材的应力变化也会逐渐趋于稳定^[17]。

此外,当钢筋混凝土柱承受偏压、剪切或地震反复荷载等作用时,混凝土的收缩、徐变会影响柱中的钢筋与混凝土的粘接性能,削弱钢筋与混凝土的组合效果。

1.4.3 混凝土收缩、徐变的研究现状

早在 20 世纪初,人们就注意到了混凝土的收缩和徐变现象,近几十年来,国内外很多学者都开展了关于混凝土收缩、徐变的相关试验和理论研究,并总结提出了很多符合实际的混凝土收缩、徐变机理以及收缩、徐变的计算方法^[18]。1927 年 O.Faber 建立了计算徐变的近似方法——有效模量法,1930 年 Glanville 提出徐变率法,1937 年 Dichinger 首次将此方法应用于混凝土结构分析,1967 年 H.Trost 提出了龄期调整有效模量法(AEMM 法),Z.P.Bant 在 1972 年对其作了改进,此后 Gilbert 等学者将此方法用于对钢筋混凝土时变形态的研究^[18],随着一系列实用的计算方法的提出,人们对混凝土收缩、徐变的认识与研究也更加深入。

目前对于钢筋混凝土柱的研究主要是集中在其极限承载力、粘结强度与抗震性能等方面^[20-22],对于长期荷载作用下混凝土的收缩、徐变等力学特性的研究还较少涉足,而且目前对于钢与混凝土组合柱结构长期性能的研究主要是针对钢管混凝土柱^[23-26]。已有的试验和理论研究已经基本明确了钢管混凝土的徐变和收缩特性,但是对钢管混凝土柱的结论不能完全应用于钢筋混凝土柱,因为钢管混凝土柱的混凝土是内置于钢管中,而钢筋混凝土中的混凝土是外露于环境中,长期荷载作用下二者的收缩、徐变特性必然不同。

1.5 本文的研究内容

1. 第二章介绍本课题组开展的钢筋混凝土短柱的长期荷载试验与承载力试验,主要的试验成果包括钢筋混凝土短柱在长期轴向荷载作用下的变形发展曲线和钢管混凝土短柱的极限承载力等,通过试验研究混凝土收缩、徐变对

于钢筋混凝土短柱变形及承载力的影响。

2. 第三章总结混凝土收缩、徐变的机理以及影响混凝土收缩、徐变的因素，介绍国内外常用的混凝土的徐变计算理论和主要的收缩徐变预测模型，选择合理的预测模型计算混凝土的收缩、徐变值，并选择合适的方法分析钢筋混凝土柱在长期轴向荷载作用下的变形。
3. 第四章介绍有限元分析软件 ANSYS 中分析混凝土收缩和徐变的方法，并基于试验数据和收缩、徐变的计算结果以及钢筋混凝土短柱长期荷载作用下的变形计算结果，利用 ANSYS 模拟钢筋混凝土短柱的收缩、徐变。分析收缩、徐变对于钢筋混凝土短柱承载力的影响。

第二章 钢筋混凝土短柱的试验与分析

2.1 试验概况

本课题组开展了钢筋混凝土短柱在长期轴向荷载作用下的变形发展试验,并进行短柱的极限承载力试验,本次试验的试件分为两批,第一批试件为6个配置了H型钢的钢筋混凝土短柱,取其中的3个作为试验组对其进行了长期荷载试验及承载力试验,另外3个试件作为对比试件,进行了一次加载破坏。第二批试件为4个配圆钢管的钢筋混凝土柱及2个未配钢骨的钢筋混凝土柱,仍然是3个试件作为试验组进行长期荷载试验及极限承载力试验,另外三个作为对比组。

开展试验的目的和意义:

1. 通过试验了解钢筋混凝土柱在长期荷载作用下由于混凝土的收缩徐变引起的变形发展;
2. 通过承载力试验,观察短柱的破坏形态和破坏特点,对比经历长期荷载试验的短柱与未经历长期荷载试验的短柱的承载力试验结果,分析长期轴压荷载对短柱极限承载力的影响;
3. 在试验的基础上,选用合理的收缩、徐变预测模型及徐变计算理论进行分析,并利用 ANSYS 进行相关的有限元模拟和计算分析。

2.2 试件及材料性能

试验的两批试件的尺寸相同,断面尺寸均为 160×160 mm,高度均为410 mm,配H型钢的钢筋混凝土试件中,编号为S1-N0, S1-N1和S1-N2(S1、S2表示不同钢骨,N表示不同的长期荷载轴压比,N0即未施加长期轴向荷载)的试件的钢骨采用 $80\times 50\times 4$ mm(宽 \times 高 \times 翼缘与腹板厚度)的H型钢,试件S2-N1, S2-N0-1和S2-N0-2则采用 $80\times 50\times 7.8$ mm的H型钢。配圆钢管的钢筋混凝土试件采用的均为厚度为1.8mm的无缝圆钢管,钢管的外径是75mm,试件的编号为T-N0-1、T-N0-2、T-N1、T-N2(T表示圆钢管)。试件U-N0和U-N1(U表示不带圆钢,N表示不同的长期荷载轴压比)都是普通钢筋混凝土构造柱。两批短柱均配置直径为12mm的纵筋,另按100mm间距配置直径8mm的箍筋。

配H型钢的短柱所用混凝土、钢骨及钢筋的主要材料参数如下:混凝土弹性模量 $E_c=21000$ MPa, $80\times 50\times 4$ mm的H型钢的弹性模量为 $E_s=204,000$ MPa,

屈服强度为 $F_{ys}=279$ MPa; $80\times 50\times 4$ mm 的 H 型钢的弹性模量为 $E_s=205,500$ MPa, 屈服强度为 $F_{ys}=266$ MPa; 纵筋的弹性模量为 $E_{sr}=201,000$ MPa, 屈服强度为 $F_{yr}=436$ MPa; 箍筋的弹性模量为 $E_{sh}=200,000$ MPa, 屈服强度为 $F_{yh}=325$ MPa。

配圆钢管的短柱所用的混凝土、钢筋与钢筋的主要材料参数有: 混凝土的弹性模量为 $E_c=20080$ MPa, 圆钢管的屈服强度为 $F_{ys}=268$ MPa, 弹性模量为 $E_s=205,000$; 纵筋的弹性模量为 $E_{sr}=201,000$ MPa, 屈服强度为 $F_{yr}=436$ MPa; 箍筋的弹性模量为 $E_{sh}=200,000$ MPa, 屈服强度为 $F_{yh}=325$ MPa。

在制作两批钢筋混凝土短柱试件的同时, 用浇筑两批试件的混凝土各制作一批 $150\times 150\times 150$ mm 的混凝土立方体试块, 用于测定混凝土的材料性能。

配 H 型钢的短柱试件混凝土的 28 天立方体抗压强度为 $f_{cu}=39.1$ MPa, 配圆钢管的短柱试件混凝土的 28 天立方体抗压强度为 $f_{cu}=26.4$ MPa。

在进行试件承载力试验的当天, 通过对立方体试块的抗压试验得到配 H 型钢的钢筋混凝土试件使用的混凝土的立方体强度为 $f_{cu}=46.9$ MPa, 钢筋混凝土与配圆钢管的钢筋混凝土试件使用的混凝土的立方体抗压强度为 $f_{cu}=32.9$ MPa。

配 H 型钢的短柱采用的混凝土的配合比(重量)为水泥: 水: 砂: 粗骨料 =1:0.43:1.11:2.15, 每立方米混凝土中的水泥用量为 512kg/m^3 , 粗骨料采用最大粒径为 10mm 的砾石, 配圆钢管的短柱采用的混凝土的配合比(重量)为水泥: 水: 砂: 粗骨料 =1:0.42:1.01:1.94, 每立方米混凝土中的水泥用量为 548kg/m^3 , 粗骨料采用最大粒径为 10mm 的砾石。

配 H 型钢的试件尺寸与断面形状参见图 1、图 2, 配圆钢管的试件断面形状见图 3, 钢筋混凝土试件尺寸见图 4。

浇筑混凝土前需要在试件内的钢筋和钢筋上布置应变片用于承载力试验, 对于配 H 型钢的短柱, 在其中部的纵向钢筋以及核心钢筋的翼缘和腹板上布置了 10 个应变片, 此外, 还在混凝土短柱的两个对侧表面按纵向各自布置了一个应变片, 对于配圆钢管的短柱, 也在其中部的纵向钢筋及钢管上布置 10 个应变片, 在混凝土短柱的两个对侧表面按纵向各自布置了一个应变片。

试验的两批试件见图 5、图 6, 其中图 5 为配 H 型钢的钢筋混凝土短柱, 图 6 为钢筋混凝土短柱及配圆钢管的钢筋混凝土短柱。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库