

Simplified Calculation of Ultimate Strength for Axial-Loaded Circular CFT Stub Columns

Gang Sun¹, Xianrong Zhuo¹, Guixin Ou², Huayao Qiu¹

¹College of City Construction, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

²Guangzhou Zhongda Vocational School of Science and Education, Guangzhou Guangdong

Email: sungang604@126.com

Received: Aug. 5th, 2018; accepted: Aug. 22nd, 2018; published: Aug. 29th, 2018

Abstract

In this paper, the bearing mechanism of axial-loaded circular concrete-filled steel tube (CFT) stub column is analyzed. Based on experimental results, the increase coefficient of concrete strength and the reduction ratio of steel longitudinal stress are analyzed and determined. Then, the simplified calculation equations of circular concrete-filled steel tube stub columns subjected to axial load are proposed. Finally, 28 specimens are calculated with the proposed equations, and the calculated results agree with the experimental and normative ones very well.

Keywords

Circular Concrete-Filled Steel Tube, Stub Column, Ultimate Strength

轴压下圆形钢管混凝土短柱承载力的简化计算

孙 刚¹, 卓献荣¹, 欧桂鑫², 邱华耀¹

¹仲恺农业工程学院城市建设学院, 广东 广州

²广州市中大科教职业培训学校, 广东 广州

Email: sungang604@126.com

收稿日期: 2018年8月5日; 录用日期: 2018年8月22日; 发布日期: 2018年8月29日

摘 要

本文阐述了圆形钢管混凝土轴压短柱的受力机理, 并基于试验结果确定了混凝土强度提高系数和钢管纵向强度折减系数, 建立了该类构件承载力的简化计算公式。用建议公式对28个试验试件进行承载力计算, 计算结果与试验结果和规范计算结果吻合良好。

文章引用: 孙刚, 卓献荣, 欧桂鑫, 邱华耀. 轴压下圆形钢管混凝土短柱承载力的简化计算[J]. 土木工程, 2018, 7(5): 667-670. DOI: 10.12677/hjce.2018.75078

关键词

圆形钢管混凝土, 短柱, 极限承载力

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

许多学者对圆形钢管混凝土柱的承载能力做了有针对性的研究, 提出了一些计算该类构件的承载力计算公式, 如文献[1] [2]将圆形钢管混凝土当成一种复合材料, 采用整体几何特性和性能指标来评价其承载能力, 日本 AIJ97 [3]采用钢管和混凝土强度叠加理论计算该类构件的承载力等。

文献[4]的研究表明, 合理评估钢管与混凝土之间的约束效应是正确计算钢管混凝土承载力的关键。本文分析了圆形钢管混凝土轴压短柱的受力机理, 有效评估了钢管与混凝土之间的相互作用, 并基于试验结果确定了混凝土强度提高系数和钢管强度折减系数, 尝试建立了该类构件承载力的简化计算公式, 为该类构件的工程设计提供参考。

2. 圆形钢管混凝土的受力机理

在轴向压力作用下, 圆形钢管混凝土柱中的混凝土处于三向受压状态, 其极限抗压强度将大于无侧压混凝土的抗压强度; 而圆钢管处于纵向、径向受压和环向受拉的复杂应力状态, 环向拉力的存在使圆钢管的抗压极限强度低于钢材的单轴抗压强度。所以, 圆形钢管混凝土轴压短柱的极限承载力可简单表示为

$$N_u = k_1 f_c A_c + k_2 f_y A_s \quad (1)$$

式中, N_u 为圆形钢管混凝土轴压短柱极限承载力; f_c 、 k_1 分别为混凝土单轴抗压强度和强度提高系数; f_y 、 k_2 分别为钢材屈服强度和强度折减系数; A_c 、 A_s 分别为圆形钢管混凝土柱中混凝土和钢管的横截面积。

3. 圆形钢管混凝土轴压短柱承载力的简化计算

3.1. 核心混凝土纵向受压强度提高系数

文中对文献[5]的 28 个圆形钢管混凝土轴压短柱的试验数据分析表明, 圆钢管约束下混凝土的强度提高系数主要与钢管的约束系数有关, 两者基本成线性关系。钢管的约束系数定义如下

$$\delta = f_y A_s / f_c A_c \quad (2)$$

式中, f_c 、 f_y 分别为混凝土的抗压强度和钢材的屈服强度; A_s 、 A_c 分别为钢管和混凝土的横截面积。 k_1 和 δ 的回归曲线如图 1 所示, R^2 为回归趋势线的可靠系数。所以, 圆钢管混凝土的强度提高系数 k_1 表达式为

$$k_1 = 0.394\delta + 1.0156 \quad (3)$$

3.2. 圆钢管纵向强度折减系数

文献[6]的研究表明, 方形钢管混凝土柱的钢管纵向强度折减系数与钢管的宽厚比参数 w 有关, 当方

形钢管混凝土轴压短柱不发生局部屈曲时, 钢管纵向强度折减系数取 0.89。对文献[5]的 28 个圆形钢管混凝土轴压短柱试验数据的分析并参考文献[6]的研究成果, 建议当圆形钢管混凝土轴压短柱不发生局部屈曲破坏时, 钢材纵向强度折减系数 k_2 按下式取值

$$k_2 = 0.83 \quad (4)$$

4. 试验验证

采用建议公式(1)~(4)对文献[5]中 28 个试件进行承载力计算, 本文计算结果与试验结果和 GB50936-2014 [7]计算结果的对比如表 1 所示。由表 1 可知, 计算结果/试验结果的最大偏差 1.10, 最小偏差 1.01/0.99, 均值 1.017, 方差为 0.0018; GB50936-2014 计算结果/试验结果的最大偏差 0.26, 最小偏差 1.03, 均值 0.999, 方差为 0.097。可见, 建议公式可对圆形钢管混凝土轴压短柱的承载力进行有效地评估, 同时与 GB50936-2014 计算结果相比, 建议公式的计算精度和离散性均有一定的改善。

Table 1. Comparison of ultimate strength between calculated results and experimental and normative ones of axial-loaded results of circular CFT stub columns

表 1. 圆形钢管混凝土轴压短柱承载力计算结果与试验结果和规范计算结果的比较

试件编号	D /mm	t /mm	f_y /MPa	f_c /MPa	N_e /kN	N_{e1} /kN	N_{e1}/N_e	N_{e2} /kN	N_{e2}/N_e
CC4-A-2	149	2.96	308	25.4	941	926.27	0.98	1023.21	1.09
CC4-A-4-1	149	2.96	308	40.5	1064	1172.72	1.10	1336.96	1.26
CC4-A-4-2	149	2.96	308	40.5	1080	1172.72	1.08	1336.96	1.24
CC4-A-8	149	2.96	308	77.0	1781	1768.44	0.99	2104.04	1.18
CC6-A-2	122	4.54	576	25.4	1509	1438.74	0.95	1341.68	0.89
CC6-A-4-1	122	4.54	576	40.5	1657	1592.24	0.96	1506.23	0.91
CC6-A-4-2	122	4.54	576	40.5	1663	1592.24	0.96	1506.23	0.91
CC6-A-8	122	4.54	576	77.0	2100	1963.29	0.93	1983.98	0.94
CC6-C-2	239	4.54	507	25.4	3035	3144.65	1.04	3483.94	1.15
CC6-C-4-1	238	4.54	507	40.5	3583	3757.38	1.05	4242.27	1.18
CC6-C-4-2	238	4.54	507	40.5	3647	3757.38	1.03	4242.27	1.16
CC6-C-8	238	4.54	507	77.0	5578	5282.32	0.95	6183.17	1.11
CC6-D-2	361	4.54	525	25.4	5633	5773.33	1.03	6642.44	1.18
CC6-D-4-1	361	4.54	525	41.1	7260	7323.50	1.01	8554.14	1.18
CC6-D-4-2	360	4.54	525	41.1	7045	7291.31	1.03	8515.30	1.21
CC6-D-8	360	4.54	525	85.1	11505	11611.08	1.01	13913.36	1.21
CC8-A-2	108	6.47	853	25.4	2275	2336.56	1.03	714.16	0.31
CC8-A-4-1	109	6.47	853	40.5	2446	2472.72	1.01	675.58	0.28
CC8-A-4-2	108	6.47	853	40.5	2402	2445.34	1.02	625.36	0.26
CC8-A-8	108	6.47	853	77.0	2713	2708.30	1.00	826.13	0.30
CC8-C-2	222	6.47	843	25.4	4964	5403.10	1.09	5459.53	1.10
CC8-C-4-1	222	6.47	843	40.5	5638	5929.25	1.05	5964.05	1.06
CC8-C-4-2	222	6.47	843	40.5	5714	5929.25	1.04	5964.05	1.04
CC8-C-8	222	6.47	843	77.0	7304	7201.07	0.99	7513.83	1.03
CC8-D-2	337	6.47	823	25.4	8475	8890.91	1.05	10230.54	1.21
CC8-D-4-1	337	6.47	823	41.1	9668	10205.35	1.06	11740.92	1.21
CC8-D-4-2	337	6.47	823	41.1	9835	10205.35	1.04	11740.92	1.19
CC8-D-8	337	6.47	823	85.1	13776	13889.15	1.01	16341.29	1.18

注: 表中 N_e 、 N_{e1} 、 N_{e2} 分别表示实验结果、本文和 GB50936-2014 的计算结果。

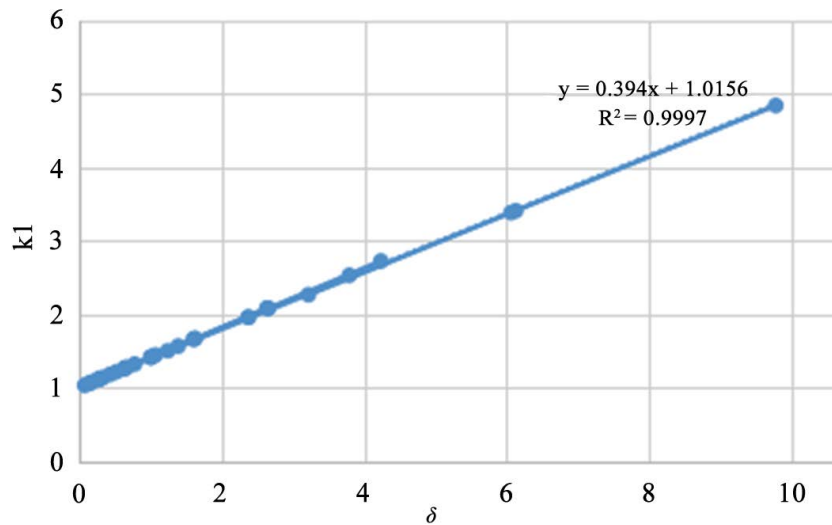


Figure 1. Regressive curve of k_1 and δ
图 1. k_1 和 δ 回归曲线

5. 结语

本文在建立轴压下圆形钢管混凝土短柱承载力简化计算表达式的过程中, 得到以下结论:

- 1) 采用混凝土纵向强度提高系数和钢管纵向强度折减系数建立圆形钢管混凝土轴压短柱承载力简化计算的公式, 表达式简单, 力学概念清晰, 参数物理意义明确;
- 2) 用建议表达式对圆形钢管混凝土轴压试件进行计算, 计算结果与试验结果吻合良好;
- 3) 建议公式可为该类构件的工程设计提供参考。

基金项目

广州市科技计划项目(201704020186), 广东省大学生创新实验项目(KA170504213)。

参考文献

- [1] 韩林海. 钢管混凝土结构[M]. 北京: 科学技术出版社, 2000.
- [2] 钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 第三版. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] AIJ1997. Recommendations for Design of Concrete Filled Steel Tubular Structures. Architectural Institute of Japan (AIJ), Tokyo.
- [4] 蔡健, 孙刚. 方形钢管约束下核心混凝土的本构关系[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2008, 36(1): 105-109.
- [5] Sakino, K., Nakahara, H., *et al.* (2004) Behavior of Centrally Loaded Concrete-Filled Steel-Tube Short Columns. *Journal of Structural Engineering*, **130**, 180-188. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2004\)130:2\(180\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130:2(180))
- [6] 孙刚. 方形钢管混凝土轴压短柱承载力的简化计算[J]. 土木工程, 2017, 6(6): 616-620.
- [7] 钢管混凝土结构技术规范(GB50936-2014).

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org