

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

Gang Sun

College of City Construction, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong
Email: sungang604@126.com

Received: Nov. 3rd, 2017; accepted: Nov. 18th, 2017; published: Nov. 21st, 2017

Abstract

In this paper, the bearing mechanism of axial-loaded square concrete-filled steel tube (CFT) stub column is analyzed. The simplified calculation formula for this type of component is proposed according to the typical constitutive model of confined concrete. Then, based on the experiment results, two key parameters of the proposed formula such as the reduction ratio of steel longitudinal stress and the coefficient of enhance for concrete are analyzed and determined. Finally, the experiment elements are calculated by the proposed formula, and the calculated results are agreed with the experiment and criterion ones very well.

Keywords

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

方形钢管混凝土轴压短柱承载力的简化计算

孙 刚

仲恺农业工程学院城市建设学院, 广东 广州
Email: sungang604@126.com

收稿日期: 2017年11月3日; 录用日期: 2017年11月18日; 发布日期: 2017年11月21日

摘 要

本文分析了方形钢管混凝土轴压短柱的受力机理, 借鉴约束混凝土的本构关系, 提出方形钢管混凝土轴压短柱承载力计算的简化公式。基于试验结果, 对所提公式中的钢管纵向强度折减系数和混凝土强度提高系数进行回归分析。用建议公式对方形钢管混凝土轴压短柱进行承载力计算, 计算结果与试验和规范计算结果吻合良好。

关键词

方形钢管混凝土, 短柱, 极限承载力

Copyright © 2017 by author 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

目前, 国内外关于钢管混凝土设计的规范、规程大都包含方形钢管混凝土方面的条文。国外规范、规程主要有日本建筑学会 AIJ(1997) [1]、欧洲 EC4(1996) [2]和美国 LRFD(1999) [3]。以上规范和规程并未考虑方形钢管对混凝土的约束作用。而我国军用标准 GJB4142-2000 [4]将钢管和混凝土看作统一体, 用套箍指标描述了钢管与混凝土之间的相互作用。文献[5] [6] [7] [8]建立了方形钢管内约束混凝土的本构关系, 并用来评估方形钢管混凝土轴压短柱的承载力, 但计算式偏于复杂。

本文分析了方形钢管混凝土轴压短柱的受力机理, 借鉴约束混凝土的本构关系, 通过对试验数据的回归分析, 尝试建立一种该类构件承载力的简化计算公式。

2. 钢管和混凝土的受力机理

方形钢管混凝土轴压短柱在轴向压力下, 方形钢管既要承受纵向压力, 又要受核心混凝土的横向挤压, 处于纵向、径向受压和环向受拉的三向应力状态。由于存在环向拉力, 所以钢管的纵向承载力低于其单轴承载力。而处于三向受压状态的核心混凝土, 其纵向受压强度高于其单轴受压强度。因此, 方形钢管混凝土轴压短柱承载力计算公式可简单的表示为

$$N_u = k_1 f_{sy} A_s + k_2 f_{ck} A_c \quad (1)$$

其中 k_1 为钢管纵向强度折减系数; k_2 为混凝土强度提高系数。

3. 钢管纵向强度折减系数

文献[9]的研究表明, 钢管的宽厚比参数 W 是影响方形钢管混凝土试件破坏模态的主要因素。 W 定义如下:

$$w = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{4\pi^2}} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}} \quad (2)$$

式中 b, t 分别是钢管的边长和厚度; μ, f_y 和 E_s 分别是钢材的泊松比、屈服强度和弹性模量。

对文献[10]中 20 个方形钢管混凝土轴压短柱的试验数据进行回归分析。 k_1 和 w 的回归曲线如图 1 所示。 R^2 表示回归趋势线的可靠性系数。

所以, 钢管的纵向强度折减系数 k_1 按下式确定。

$$k_1 = \begin{cases} 0.89, w \leq 0.85 \\ 0.894W^{-0.738}, w > 0.85 \end{cases} \quad (3)$$

4. 混凝土强度提高系数

本文对文献[10]的试验数据分析表明,混凝土的强度提高系数主要与钢管约束系数 $\delta = f_{sy}A_s/f_{ck}A_c$ 有关,两者基本呈线性关系。其中, f_{sy} 为钢管的屈服强度; A_s 为钢管的横截面积; f_{ck} 为混凝土的抗压强度; A_c 为混凝土的横截面积。 k_2 和 δ 的回归曲线如图 2 所示。 R^2 表示回归趋势线的可靠性系数。

所以,混凝土的强度提高系数 k_2 有下式确定。

$$k_2 = 0.1506\delta + 1.0849 \tag{4}$$

5. 简化公式的验证

用建议公式对文献[10]的试验试件进行计算。建议公式的计算结果与试验结果和各规范计算结果的对比见表 1。

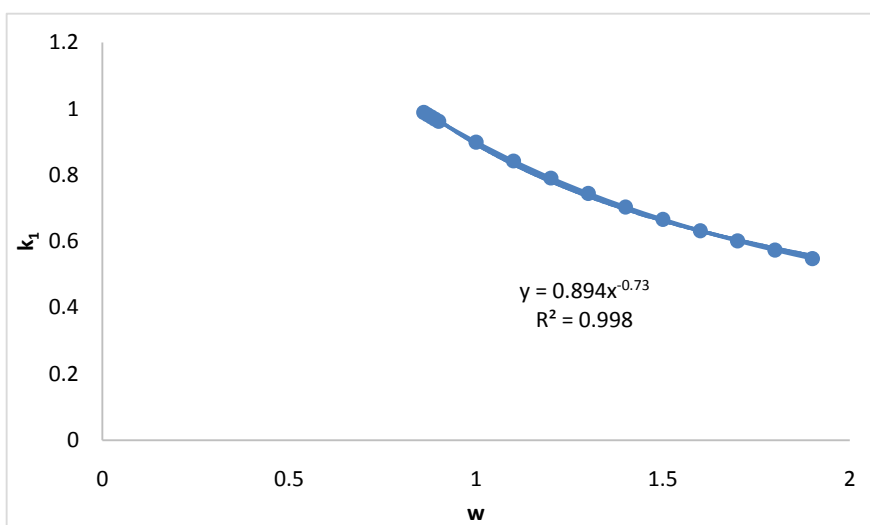


Figure 1. Regressive curve of k_1 and w

图 1. k_1 和 w 的回归曲线

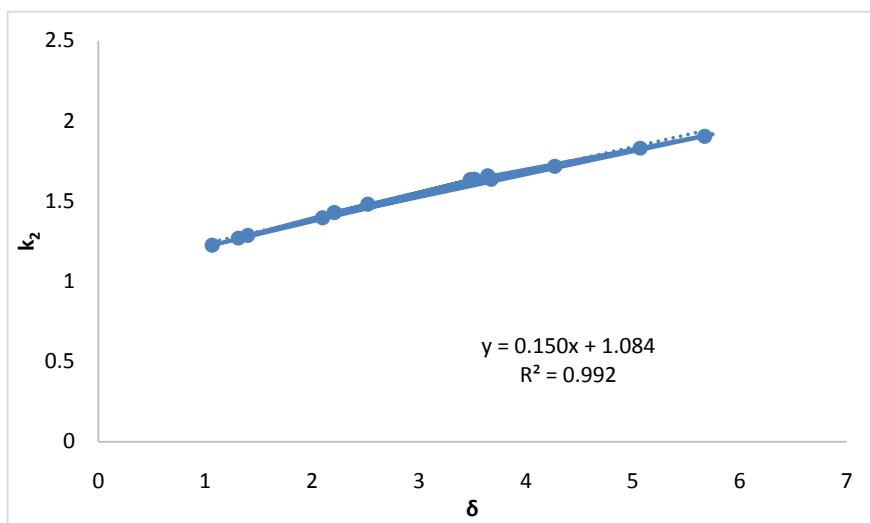


Figure 2. Regressive curve of k_2 and δ

图 2. k_2 和 δ 的回归曲线

Table 1. Comparison of ultimate strength between calculated results and experimental and formula results of square CFT stub columns**表 1.** 方形钢管混凝土短柱理论计算值与试验和规范计算值对比表

试件	$a \times t \times l$	f_y	f_{ck}	N_e	N_{e1}	N_{e1}/N_e	N_{e2}	N_{e2}/N_e	N_{e3}	N_{e3}/N_e
编号	(mm)	(MPa)	(MPa)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
sczs1-1-1	120 × 3.8 × 360	330.1	18.3	882	858	0.97	814	0.92	894	1.01
sczs1-1-2	120 × 3.8 × 360	330.1	20.9	882	893	1.01	847	0.96	934	1.06
sczs1-1-3	120 × 3.8 × 360	330.1	20.9	921	893	0.97	847	0.92	934	1.01
sczs1-1-4	120 × 3.8 × 360	330.1	33.0	1080	1059	0.98	1000	0.93	1115	1.03
sczs1-1-5	120 × 3.8 × 360	330.1	35.2	1078	1089	1.01	1028	0.95	1148	1.06
sczs1-2-1	140 × 3.8 × 420	330.1	10.7	941	914	0.97	871	0.93	945	1.00
sczs1-2-2	140 × 3.8 × 420	330.1	11.2	922	924	1.00	880	0.95	958	1.04
sczs1-2-3	140 × 3.8 × 420	330.1	36.6	1499	1407	0.94	1325	0.88	1489	0.99
sczs1-2-4	140 × 3.8 × 420	330.1	36.6	1470	1407	0.96	1326	0.90	1489	1.01
sczs2-1-1	120 × 5.9 × 360	321.1	20.1	1176	1155	0.98	1100	0.94	1172	0.99
sczs2-1-2	120 × 5.9 × 360	321.1	20.1	1117	1155	1.03	1100	0.98	1172	1.05
sczs2-1-3	120 × 5.9 × 360	321.1	17.3	1196	1119	0.94	1067	0.89	1129	0.94
sczs2-1-4	120 × 5.9 × 360	321.1	35.2	1460	1347	0.92	1277	0.87	1388	0.95
sczs2-1-5	120 × 5.9 × 360	321.1	35.2	1372	1347	0.98	1277	0.93	1388	1.01
sczs2-2-1	140 × 5.9 × 420	321.1	10.9	1343	1252	0.93	1195	0.89	1245	0.93
sczs2-2-2	140 × 5.9 × 420	321.1	12.2	1293	1275	0.99	1217	0.94	1278	0.99
sczs2-2-3	140 × 5.9 × 420	321.1	36.6	2009	1710	0.85	1618	0.81	1773	0.88
sczs2-2-4	140 × 5.9 × 420	321.1	36.6	1906	1710	0.89	1618	0.85	1773	0.93
sczs2-3-1	200 × 5.9 × 600	321.1	11.8	2058	1984	0.96	1889	0.92	2028	0.99
sczs2-3-2	200 × 5.9 × 600	321.1	11.8	2028	1984	0.97	1889	0.93	2028	1.00

注：表中 N_e , N_{e1} , N_{e2} 和 N_{e3} 分别表示试验结果，本文计算结果，EC4(1996) [2] 计算结果和 GJB4142-2000 [4] 计算结果。

表中数据可知，EC4(1996) [2]/ N_e 的均值 0.915，方差 0.0016；GJB4142-2000 [4]/ N_e 的均值 0.995，方差 0.002；建议公式/ N_e 的均值 0.964，方差 0.0017，介于 EC4(1996) [2] 和 GJB4142-2000 [4] 之间。由此可见，建议公式可对该类构件的轴压承载力进行有效地评估。

6. 结语

在建立方形钢管混凝土轴压短柱简化计算公式的过程中，得出如下结论。

- 1) 用钢管纵向强度折减系数和混凝土强度提高系数对钢管与混凝土之间的相互作用进行量化表示，力学概念清晰，公式表达简洁。
- 2) 用建议公式对方形钢管混凝土轴压短柱进行承载力计算，计算结果与试验和规范计算结果吻合良好。

另外, 可考虑在钢管侧壁设置拉杆, 以延缓钢管的屈曲, 改善该类构件的受力性能。

基金项目

广州市科普自由行项目(K201505-4, K201605-19), 仲恺农业工程学院博士启动项目(G2360288)。

参考文献 (References)

- [1] AIJ1997. Recommendations for Design and of Concrete Filled Steel Tubular Structures. Architectural Institute of Japan (AIJ), Tokyo.
- [2] EC4. Design of Steel and Concrete Structures, Part 1.1, General Rules for Building]. DDEVV1994-1-1:1996: British Standards Institute, London.
- [3] AISC-LRFD 1999. Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Tubular Structures. American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago.
- [4] GJB4142-2000. 战时军港抢修早强型组合结构技术规程[S].
- [5] 张正国, 左明生. 方形钢管混凝土轴压短柱在短期一次静载下的基本性能研究[J]. 郑州工学院学报, 1985, 6(2): 19-32.
- [6] 韩林海, 陶忠. 方形截面钢管混凝土压弯构件的理论分析和试验研究[R]. 北京: 清华大学土木工程系, 1998.
- [7] Susantha, K.A.S. and Ge, H. (2001) Unaxial Stress-Strain Relationship of Concrete Confined by Various Shaped Steel Tubes. *Engineering Structure*, **23**, 1331-1347. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(01\)00020-7](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00020-7)
- [8] 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.
- [9] Ge, H.B. and Usami, T. (1994) Stress Analysis of Concrete Filled Thin-Walled Steel Box Columns. *Journal of Constructional Steel Research*, **30**, 259-281. [https://doi.org/10.1016/0143-974X\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0143-974X(94)90003-5)
- [10] 韩林海. 钢管混凝土结构[M]. 北京: 科学技术出版社, 2000.

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