

# The Calculation of Ultimate Strength for Axial-Loaded Circular Concrete-Filled Steel Tube Stub Columns

Gang Sun<sup>1\*</sup>, Guixin Ou<sup>2</sup>, Huayao Qui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of City Construction, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>Guangzhou Zhongda Vocational School of Science and Education, Guangzhou Guangdong

Email: [sungang604@126.com](mailto:sungang604@126.com)

Received: Apr. 8<sup>th</sup>, 2019; accepted: Apr. 23<sup>rd</sup>, 2019; published: Apr. 30<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, the bearing mechanism of axial-loaded circular concrete-filled steel tube stub columns is analyzed, and the equations are proposed to evaluate the ultimate strength of the elements based on the typical constitutive model of confined concrete. Then, 57 specimens are calculated with the proposed equations and the calculated results are agreed well with the experimental and normative ones.

## Keywords

Circular Concrete-Filled Steel Tube, Ultimate Strength, Confined Concrete

---

## 圆形钢管混凝土轴压短柱的承载力计算

孙 刚<sup>1\*</sup>, 欧桂鑫<sup>2</sup>, 邱华耀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>仲恺农业工程学院城市建设学院, 广东 广州

<sup>2</sup>广州市中大科教职业培训学校, 广东 广州

Email: [sungang604@126.com](mailto:sungang604@126.com)

收稿日期: 2019年4月8日; 录用日期: 2019年4月23日; 发布日期: 2019年4月30日

---

## 摘 要

本文分析了圆形钢管混凝土轴压短柱的受力机理, 并借鉴典型约束混凝土的本构关系建立了该类构件极

---

\*通讯作者。

限承载力的计算公式。然后,用建议公式对57个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。

## 关键词

圆形钢管混凝土, 极限承载力, 约束混凝土

Copyright © 2019 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

目前,国内外关于钢管混凝土设计的规范、规程大都包含圆形钢管混凝土方面的条文。国外规程主要有:美国的LRFD(1999)[1]规程考虑构件的整体稳定性,将混凝土的强度折算到钢材中,再由钢材的名义抗压强度乘以钢管的横截面积来确定钢管混凝土轴压构件的承载力;日本AIJ(1997)[2]规程采用叠加钢管和混凝土承载力的方法计算钢管混凝土轴压构件的承载力,并考虑长期荷载作用,将混凝土的抗压强度乘以0.85;欧洲EC4(1996)[3]规程与日本AIJ规程相似也采用叠加法来确定钢管混凝土轴压构件的承载力。我国GB50936-2014[4]规范和军用标准GJB4142-2000[5]规程将钢管和混凝土当成一种新型材料,运用统一理论来确定钢管混凝土轴压构件的承载力。综上所述,EC4和AIJ规程未考虑钢管对混凝土的约束效应;LRFD(1999)和我国GB50936-2014、GJB4142-2000规程分别用将混凝土强度折算到钢材中和统一新材料的方法考虑了钢管与混凝土之间的相互作用,但设计公式主要由试验数据的回归分析所得,使公式参数的物理意义并不十分明确,同时,混凝土本身的离散性使得公式的外延性也相对较差。

本文分析了圆形钢管混凝土轴压短柱的受力机理,借鉴等侧压力作用下混凝土的极限强度理论,合理评估了钢管与混凝土之间的相互作用,并尝试建立一种外延相对稳定、力学概念清晰、参数物理意义相对明确的该类构件极限承载力的计算公式,为该类构件的工程设计提供参考。

## 2. 圆形钢管混凝土轴压短柱的受力机理

圆形钢管混凝土轴压短柱在轴向荷载作用下混凝土处于三向受压状态,而圆钢管处于纵向、径向受压而环向受拉的复杂应力状态。由于钢管的径向应力与其他方向应力相比,相对较小,可以忽略不计,因此可以简单地认为圆钢管处于纵向、环向应力共同作用的平面应力状态[6]。假设钢管屈服时为构件达到承载力的临界状态,则圆形钢管混凝土轴压短柱的极限承载力表达式为

$$N_{cr} = f_{sl} A_s + f_{cc} A_c \quad (1)$$

式中, $f_{sl}$ 为圆钢管屈服时钢管内的纵向应力; $A_s$ 为钢管的横截面积; $f_{cc}$ 为临界状态下混凝土的纵向抗压强度; $A_c$ 为混凝土的横截面积。

## 3. 论钢管纵向应力 $f_{sl}$ 和环向应力 $f_{sh}$ 的确定

由于钢管壁薄,计算时假设:1)钢管与混凝土之间无滑移;2)环向应力沿壁厚均匀分布;3)由于径向应力不大,忽略径向应力,钢管处于纵向应力 $f_{sl}$ 和环向应力 $f_{sh}$ 的平面应力状态,屈服时满足Von-Mises屈服准则,沿着Mises屈服椭圆的运动轨迹如图1所示。

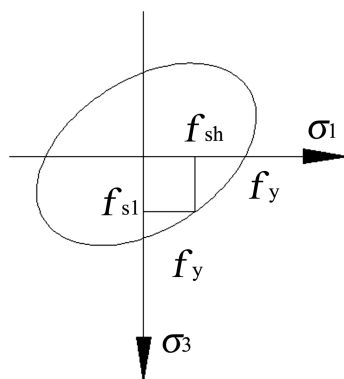


Figure 1. Von-Mises yielding ellipse  
图 1. Von-Mise 屈服椭圆

要临界状态下，钢管应力强度表达式为：

$$f_y^2 = f_{sl}^2 + f_{sh}^2 - f_{sl}f_{sh} \quad (2)$$

式中， $f_{syl}$ 、 $f_{syh}$  分别为钢管纵向应力和环向应力； $f_y$  为钢材屈服强度。

$f_{sh}$  和  $f_{sl}$  根据试验结果并参考日本 AIJ 推荐公式取值，即：

$$f_{sh} = 0.19f_y, f_{sl} = 0.89f_y \quad (3)$$

## 4. 核心混凝土纵向抗压强度 $f_{cc}$ 的确定

### 4.1. 圆钢管侧向压力的计算

假设混凝土的侧向压力沿钢管均匀分布，将构件沿纵向剖开，以圆形钢管为研究对象作受力分析，如图 2 所示。

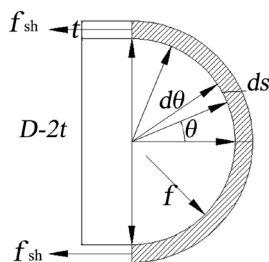


Figure 2. Sketch of mechanic analysis for circular steel tube  
图 2. 圆形钢管受力分析示意图

由  $\sum F_x = 0$  可知：

$$f = 2tf_{sh}/(D-2t) \quad (4)$$

式中， $f$  为混凝土对钢管壁的侧压力； $f_{sh}$  为钢管的环向拉力； $D$ 、 $t$  分别为圆钢管的直径、厚度。

### 4.2. 核心混凝土纵向强度 $f_{cc}$ 的确定

文献[7]的研究成果表明，等侧压力作用下的三向受压混凝土强度与等侧压力之间具有线性关系。圆形钢管混凝土属于等侧压力混凝土构件，其核心混凝土的极限强度  $f_{cc}$  表达式

$$f_{cc} = f_{c0} + kf \text{ 文标}$$

式中,  $f_{cc}$  为临界状态时圆钢管核心混凝土强度;  $f_{c0}$  为混凝土无侧压时的抗压强度;  $k$  为侧压系数, 试验资料显示,  $k$  值介于 3~5 之间, 一般取 4;  $f$  为混凝土的侧向压应力。

## 5. 试验验证

采用建议公式(1)~(5)对文献[8] [9]中 57 个圆形钢管混凝土轴压试件进行承载力计算, 并将计算结果与 EC4、GB50936-2014 计算结果进行比较, 结果如下: GB50936-2014 计算结果/试验结果的均值 1.07, 方差 0.07; EC4 计算结果/试验结果的均值 0.913, 方差 0.012; 建议公式计算结果/试验结果的均值 1.024, 方差 0.01。建议公式的计算结果处于 GB50936-2014 和 EC4 计算结果之间, 由此可知建议公式可对该类构件承载力进行有效地评估。图 3 给出了本文计算结果与试验结果、EC4、GB50936-2014 计算结果的比较图, 由图 3 可知建议公式与试验值和规范计算结果吻合良好。

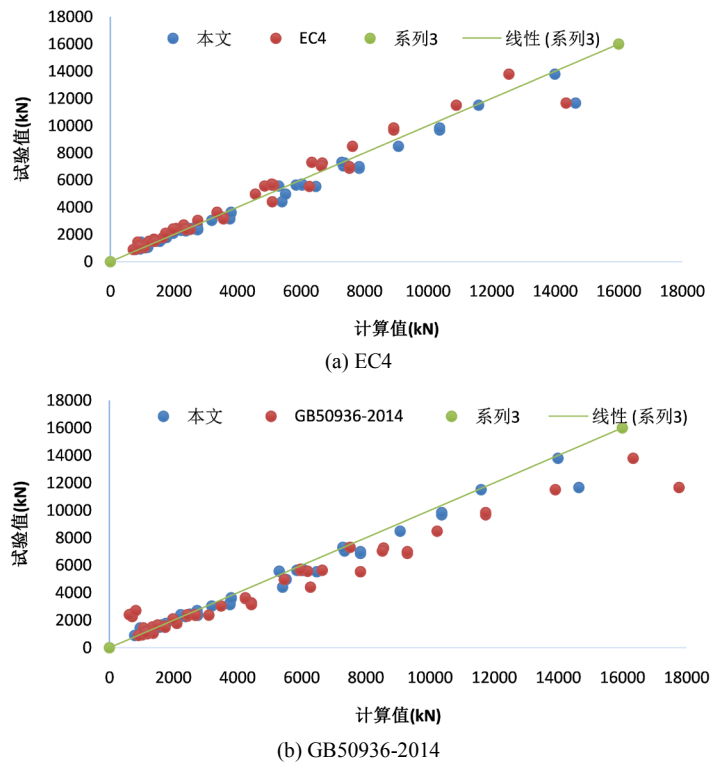


Figure 3. Comparison between the calculated results and the experimental results and the normative ones  
图 3. 本文计算值与试验值和规范计算值的比较

## 6. 结语

本文在建立圆形钢管混凝土轴压短柱极限承载力计算公式的过程中得出以下结论:

- 1) 假定钢管屈曲时为构件极限承载力的临界状态, 并借鉴经典等侧压力作用下混凝土的强度理论建立的圆形钢管混凝土轴压短柱的极限承载力计算公式, 可以有效地评估该类构件的极限承载能力;
- 2) 建议公式的计算结果与试验结果和规范计算结果吻合良好;
- 3) 建议公式可对该类构件的工程设计提供参考依据。

## 基金项目

广州市科技计划项目(201704020186), 广东省大学生创新创业训练计划项目(201611347033)。

## 参考文献

- [1] AISC-LRFD (1999) Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Tube Structures. American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago.
- [2] AIJ (1997) Recommendations for Design of Concrete Filled Steel Tubular Structures. Architectural Institute of Japan (AIJ), Tokyo.
- [3] EC4 Design of Steel and Concrete Structures, Part 1.1, General Rules for Building. DDEVV1994-1-1:1996: British Standards Institute, London.
- [4] GB50936-2014. 钢管混凝土结构技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [5] GJB4142-2000. 战时军港抢修早强型组合结构技术规程[S]. 2000.
- [6] 钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 第三版. 北京: 清华大学出版社, 2003: 38-44.
- [7] Richart, F.E. (1948) Reinforced Concrete Wall and Column Footings. *International Concrete Abstracts Portal*, **45**, 97-127. <https://doi.org/10.14359/12107>
- [8] 韩林海. 钢管混凝土结构[M]. 北京: 科学技术出版社, 2000: 118-122.
- [9] Sakino, K., Nakahara, H., Morino, S. and Nishiyama, J. (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))

### 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](mailto:hjce@hanspub.org)