

# L形钢管混凝土短柱的轴压承载力简化计算

孙 刚

仲恺农业工程学院土木工程系, 广东 广州

收稿日期: 2022年9月1日; 录用日期: 2022年9月20日; 发布日期: 2022年9月27日

## 摘 要

本文将L形截面钢管混凝土柱划分成一个方形和两个矩形钢管混凝土柱, 合理假设截开面上的边界条件, 建立了该类构件的力学模型; 并借鉴我国规范对方形、矩形钢管混凝土柱承载力的规定, 提出了L形钢管混凝土短柱在轴向荷载作用下的计算公式; 并用建议公式对相关试件进行计算, 计算结果与试验结果吻合良好。

## 关键词

L形截面, 承载力, 短柱

# Simplified Calculation of Ultimate Strength for L-Shaped CFT under Axial Loading

Gang Sun

Department of Civil Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

Received: Sep. 1<sup>st</sup>, 2022; accepted: Sep. 20<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 27<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In this paper, the L-shaped concrete-filled steel tubular column is divided into one square and two rectangular concrete-filled steel tubular columns, and the mechanical model of this kind of member is established by reasonably assuming the boundary conditions on the cutting surface; the calculation formula of L-shaped concrete-filled steel tubular short columns under axial load is put forward by referring to the provisions of Chinese codes on the bearing capacity of square and rectangular concrete-filled steel tubular columns; the proposed formula is used to calculate the relevant specimens, and the calculated results are in good agreement with the test results.

## Keywords

### L-Shaped Section, Bearing Capacity, Short Column

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

L形钢管混凝土柱有较好的材料性能和经济效益,在建筑结构中常被用作角柱。这种结构平面布置能避免柱面凸出墙面,在增大使用面积的同时也提高了墙面的装饰效果,简化了装饰工艺。但L形截面关于两个主轴都不对称,且形心与剪心不重合,当存在水平荷载(如风载或地震作用)时,必然伴随附加扭矩。此外由于水平荷载方向的不确定,导致试验时施加荷载的方向不确定,使得异形柱承载力、延性以及刚度等也随加载方向而具有不同的特征。因此,异形截面柱的承载力和抗震性能分析是一个非常复杂的问题。因此由于L形截面几何特征的复杂性,使L形钢管混凝土轴压短柱的计算变得复杂。目前关于L形钢管混凝土柱的基础理论研究在世界范围内还很缺乏,被报道的研究成果也较少。文献[1]对该类构件的轴压短柱,探索了其破坏规律和各种参数对其承载力的影响,文献[2]对L形钢管混凝土轴压短柱进行广泛数值模拟实验,并提出承载力的计算方法,但计算式偏于复杂,而且目前尚未发现评价这类构件承载力的规范设计公式,这在一定程度上制约了该类构件在工程中的应用。本文尝试将L形截面进行分割,合理假设分界面的边界条件,建立L形钢管混凝土轴压短柱的力学计算模型并借鉴我国钢管混凝土结构技术规范中方形、矩形轴压承载力计算公式,提出轴向荷载作用下L形钢管混凝土短柱的承载力计算公式,该建议公式具有概念清晰、计算简单的特点。

## 2. 力学模型和边界条件

受力机理和截面几何特征较为复杂的L形钢管混凝土轴压短柱,建立相对简明的力学模型,并施加合理的边界条件,运用研究较为成熟的方形、矩形钢管混凝土轴压短柱承载力的研究成果,来评估L形钢管混凝土轴压短柱的承载力。按照以上思路,为简化计算,本文将L形截面划分为一个方形和两个矩形截面,相邻界面的边界条件为定向铰支座,建立L形钢管混凝土柱的边界条件和力学模型(如图1、图2所示)。这样处理的原因是:1)假想钢板对混凝土的约束作用主要集中于角部,板边的中部的约束作用几乎为零,所以界面两侧混凝土的相互作用不弱于假想钢板对混凝土的约束,由此可将计算复杂的L形钢管混凝土柱承载力的计算问题转化为计算相对成熟的方形、矩形钢管混凝土柱的问题;2)以定向铰支座为界面边界条件,即假设截开界面水平位移为零,只有纵向的轴压位移。模型描述的是钢管屈服前的状态,钢管尤其是端面钢板一旦发生鼓凸、屈服,界面的水平位移便不再为零,此时模型便不再适用,但此时试件已经破坏。

## 3. 承载力的计算公式

根据2的思路,将L形钢管混凝土柱划分成一个方形和两个矩形钢管混凝土柱,并加上假想钢板和边界条件如图1、图2所示,其中虚线表示假想钢板,建立L形钢管混凝土轴压短柱的力学计算模型。借鉴我国钢管混凝土结构技术规范(GB50936-2014)[3]对轴向荷载作用下方形、矩形钢管混凝土的承载力计算公式,L形钢管混凝土轴压短柱承载力的简化计算计算公式可用下式表示:

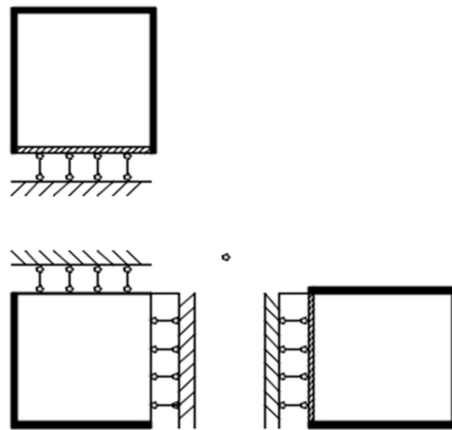


Figure 1. Boundary condition of L-shaped section  
图 1. L 形截面的边界条件

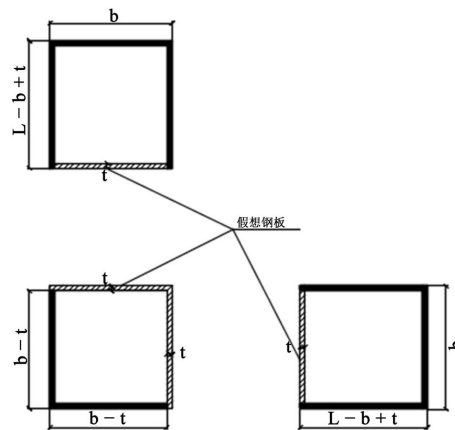


Figure 2. Calculation model of L-shaped CFT  
图 2. L 形钢管混凝土的计算模型

$$N_c = N_0 + 2N_r \quad (1)$$

$$N_0 = f_{sc} A_{sc} \quad (2)$$

$$A_{sc} = A_s + A_c \quad (3)$$

$$f_{sc} = (1.212 + B\theta + C\theta^2) f_c \quad (4)$$

$$\theta = \frac{f_y A_s}{f_c A_c} \quad (5)$$

$$B = \frac{0.131 f_y}{213} + 0.723 \quad (6)$$

$$C = -\frac{0.07 f_c}{14.4} + 0.026 \quad (7)$$

式中， $N_c$ -表示 L 形钢管混凝土轴压承载力； $N_0$ -表示方形钢管混凝土轴压承载力； $N_r$ -表示矩形钢管混凝土轴压承载力； $f_{sc}$ -表示钢管混凝土抗压强度； $A_{sc}$ -表示钢管混凝土的截面面积； $A_s$ 、 $A_c$ -分别表示钢管和混凝土的面积； $f_y$ 、 $f_c$ -分别表示钢材的屈服强度和混凝土的轴心抗压强度； $C$ 、 $B$ -分别表示计算

参数； $\theta$ -表示套箍系数。矩形截面钢管混凝土柱的轴压承载力，应换算成等效正方形截面进行计算，等效正方形的边长为矩形截面面积的平方根。

图2中方形截面钢管和混凝土的面积分别为：

$$A_{c1} = (b - 2t)^2 \quad (8)$$

$$A_{s1} = (b - t)t + (b - t)t \quad (9)$$

矩形截面长  $L - B + t$ ，宽  $b$ ，钢板厚度为  $t$ ，且令矩形的等效正方形边长  $\sqrt{b(L - b + t)} = a$ ，则：

$$A_{s2} = t(3a - 2t) - (b - 2t)t \quad (10)$$

$$A_{c2} = (a - 2t)^2 + (b - 2t)t \quad (11)$$

#### 4. 试验验证

用建议公式(1)~(11)对文献[1][2]中的试件进行计算，计算结果如表1所示。由表1可知： $N_c/N_{ex}$ 均值0.994，方差0.0043，可见建议公式可对L形钢管混凝土短柱的轴压承载力进行有效地评估；但从试件的分类来看，建议公式对端面不发生屈曲的短肢L形钢管混凝土短柱的计算结果优于长肢柱，这是由于长肢L形钢管对混凝土的约束作用弱于短肢柱的原因造成的：如长肢试件L3，其  $L/b = 3$ ， $N_c/N_{ex} = 1.12$  计算误差11.2%，约束效应被放大了而LD-8，其  $L/b = 2.33$ ， $N_c/N_{ex} = 0.892$  计算误差10.8%，约束效应被少估了；而短肢柱最大的误差为6%，最小的误差为0.2%。因此建议公式更适合评估端面钢管不发生屈曲破坏，且  $L/b \leq 2$ ， $b \geq 100$  的L形钢管混凝土短肢柱的轴压承载力。

**Table 1.** Comparison of calculation results and test results of L-shaped concrete filled steel tubular short columns under axial compression

**表 1.** L形钢管混凝土轴压短柱的计算结果与试验结果的对比

肢长 编号	L 肢 (mm)	宽 b (mm)	厚度 t (mm)	$f_y$ (mm)	$f_{ck}$ (Mpa)	$N_{ex}$ (Mpa)	$N_c$ (kN)	$N_c/N_{ex}$ (kN)
L2	200	100	4 (3.62)	310	45.7	2460	2465.39	1.002
L3300		100	5 (4.62)	295	45.7	3708	4170.39	1.124
LD-1	200	100	4	325	26.8	1896.6	1817.99	0.959
LD-2	200	100	4	325	32.4	2066.8	2017.54	0.976
LD-3	200	100	4	325	38.5	2261.5	2235.93	0.989
LD-4	200	100	4	275	26.8	1738.5	1683.30	0.968
LD-5	200	100	4	360	26.8	2017	1913.17	0.949
LD-6	200	100	5	325	26.8	2101.9	1980.67	0.942
LD-7	200	100	3	325	26.8	1677.5	1633.01	0.973
LD-8	175	75	4	325	26.8	1542.6	1375.46	0.892
LD-9	225	125	4	325	26.8	2163.9	2292.01	1.060
LD-10	250	150	4	325	26.8	2561.3	2802.68	1.094

注： $N_{ex}$ 表示试验结果； $N_c$ 表示计算结果； $f_y$ 表示钢材屈服强度； $f_{ck}$ 混凝土的抗压强度。

#### 5. 结语

基于L形钢管混凝土轴压短柱承载力计算建议公式的推导和其对相关试件计算结果的分析，可以得

到以下结论:

1) 本文建议的L形钢管混凝土轴压短柱的力学模型和承载力计算的建议公式可对该类构件的承载能力进行有效的评估。

2) 短肢L形钢管混凝土短柱的建议公式计算结果与实验结果的吻合程度明显优于长肢柱,这是因为短肢L形钢管对核心混凝土的约束效果优于长支柱。

3) 建议公式力学概念清晰,计算简便,尤其适合评估端面钢管不发生屈曲破坏,且 $L/b \leq 2$ ,  $b \geq 100$ 的轴压下L形钢管混凝土短肢柱的承载力。

4) 在目前规范尚未对L形钢管混凝土轴压短柱的承载力有明确规定的现状下,建议公式可对该类构件的工程设计提供参考。

### 基金项目

2019年广东省普通高校特色创新项目(2019KTSCX062)。

### 参考文献

- [1] 林震宇,沈祖炎,罗金辉,等. L形钢管混凝土轴压短柱力学性能研究[J]. 建筑钢结构进展, 2009, 11(6): 6.
- [2] 屠永清,文千山. L形钢管混凝土柱轴压承载力计算[J]. 建筑结构学报, 2013, 34(1): 314-320.
- [3] 哈尔滨工业大学. GB 50936-2014 钢管混凝土结构技术规范[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.