

The Experimental Research on Cyclic Behavior of Beam-CFST Column Connections

Li He, Yisheng Zhao, Jie Luo, Shiqiang Mei

Yunnan Construction Engineering Steel Structure Co., Ltd., Kunming Yunnan
Email: 184430835@qq.com

Received: May 3rd, 2018; accepted: May 15th, 2018; published: May 22nd, 2018

Abstract

In recent years, with the promotion and development of steel structure in residential market, concrete filled steel tubular column is formed by the reliable connection of the horizontal component such as beam and plate. The calculation method and construction measures of concrete filled steel tubular joints are the key problems in design. In this paper, the stress distribution of the joint is studied. The load-displacement curves of the joints are obtained, as well as the yield strength and the ultimate strength. It indicates that joints filled with concrete have preferable stiffness and ductility.

Keywords

Joint, Load-Displacement Curve, Yield Strength, Stiffness

钢管混凝土柱-钢梁节点抗震性能研究

何力, 赵一盛, 罗杰, 梅世强

云南建投钢结构有限公司, 云南 昆明
Email: 184430835@qq.com

收稿日期: 2018年5月3日; 录用日期: 2018年5月15日; 发布日期: 2018年5月22日

摘要

随着住宅钢结构的推广发展, 钢管混凝土柱与梁、板等水平构件的连接形成重要的结构体系, 特别是形成抵御地震作用的抗侧力体系。因而钢管混凝土节点的计算方法和构造措施是设计中非常关键的环节。本文研究了节点的应力分布规律, 得到了荷载位移曲线、节点的屈服强度。分析表明, 填充混凝土的扁钢柱节点具有较好的刚度和延性。

关键词

节点, 荷载-位移曲线, 屈服强度, 刚度

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

近年来, 装配式住宅的推广发展促使钢管混凝土柱-H 型钢梁形成的结构体系大量应用于工程中。方钢管混凝土构件中的混凝土由于受到钢管的制约, 增强了核心混凝土的延性, 由于核心混凝土的存在, 使得钢板抗局部屈曲的能力及构件的抗火能力大大增强。并且这种组合构件可节省费用和加快施工速度。

节点是框架结构中的重要组成部分, 起着在梁与柱间传递弯矩和剪力的作用[1], 它直接影响整个结构的强度和刚度。

我国自 1976 年唐山地震以后, 同济大学、西安冶金建筑科技大学等多家科研院所开展了大量结构抗震实验研究[2]。1987 年, 高小旺等通过对工程实例中框架节点的分析 and 处理, 指出使抗震鉴定与加固达到经济有效目的的框架节点抗震鉴定与加固的措施[3]。1991 年, 蒋永生等通过 6 个节点足尺实验, 采用 3 种人工铰方案得出了较方便的承载力计算方法并提出设置人工塑性铰的建议[4]。

国内对方钢管柱-H 型钢梁节点的研究还很少, 文[5]曾做过方钢管混凝土柱-H 型钢梁的拉伸试验, 但并没有如期得到节点的极限强度。

2. 模型概况

节点构件的受力示意图见图 1, 各板件尺寸及参数见表 1, 梁的一端施加反复荷载 F 。

构件局部适当简化。整个计算模型范围为: 钢柱竖向及钢梁水平向长度为 1 米, 其中 X 向为钢梁轴向, Y 向为其横向, Z 向为钢柱轴向。计算网格采用 8 节点六面体单元, 整个计算域共剖分 5763 个单元和 7746 个节点。计算网格见图 2。

3. 计算参数与荷载

针对不同的材料特性, 计算过程中考虑了两种材料本构模型, 对混凝土采用损伤塑性模型, 对钢梁柱采用理想弹塑性模型。

3.1. 混凝土本构模型

分析采用的混凝土为 C50, 由于混凝土本构模型较为多样, 不同分析软件自带数学模型也各异, 其关键在于对混凝土非线性行为的描述[6]。本文所引述的为混凝土损伤塑性模型, 材料的两个主要失效机制为拉伸开裂和压缩破碎, 其单轴的开裂及压缩行为见图 3, 拉压应力-应变曲线参考《混凝土设计规范(GB50010)》及相关文献[7]。材料弹性参数见表 2。

3.2. 钢梁柱本构模型

钢材为 Q345, 应力-应变采用多线性随动强化模型, 屈服强度为 345 MPa, 应变硬化阶段强度最大值为 450 MPa, 对应的屈服应变值为 0.01, 其值约为弹性应变 6 倍, 材料弹性参数见表 2 (图 4)。

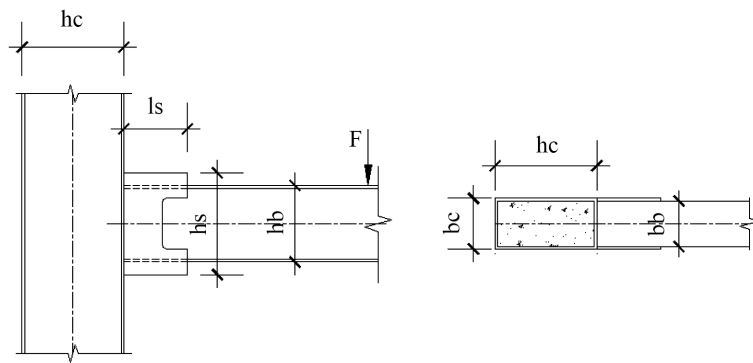


Figure 1. Node schematic diagram
图 1. 节点示意图

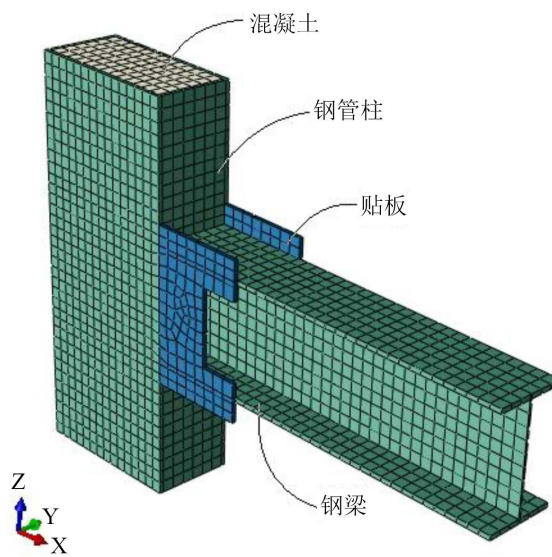


Figure 2. The finite element mesh
图 2. 计算网格

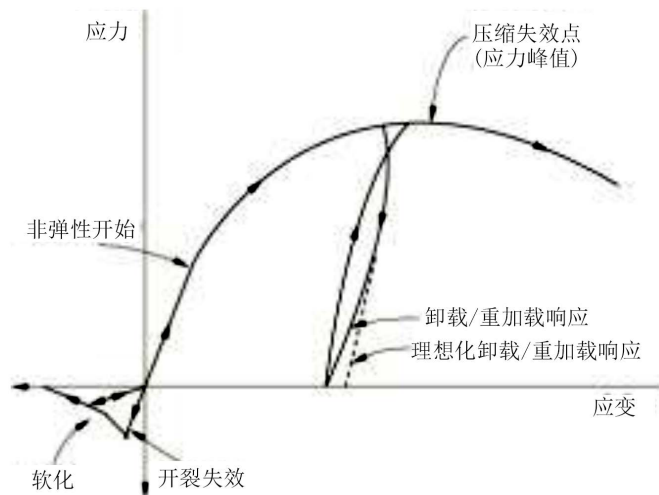


Figure 3. Stress-Strain curve of concrete
图 3. 混凝土应力-应变曲线

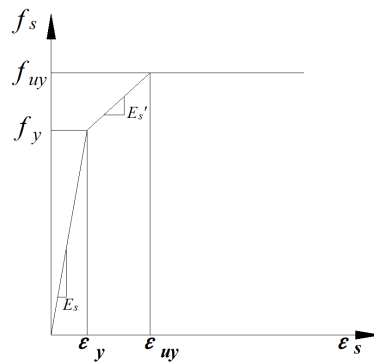


Figure 4. Stress-Strain curve of steel
图 4. 钢材应力-应变曲线

Table 1. The parameter list of plate
表 1. 板件几寸参数表

材料	参数			
钢管混凝土柱	t_c/mm	h_c/mm	b_c/mm	混凝土
	10	400	200	C50
钢梁	h_B	b_B	t_{bw}	t_b
	300	180	12	6
贴板	h_s	l_s	t_s	
	400	250	10	

Table 2. Calculation parameters
表 2. 计算参数

材料	弹性模量(GPa)	泊松比 μ	密度(Kg/m ³)
C50 混凝土	34.5	0.2	2450
Q345 钢	206	0.3	7850

3.3. 计算荷载

本次计算受力为钢管混凝土柱的上、下端位移固定，梁端的竖向荷载施加于自由端截面。为了保证荷载施加截面的整体性，将梁自由端截面各节点的竖向位移分别进行了耦合。

荷载 F 最大值大小为 400 kN，总时长 10 s，单个循环加载时长 1 s，分析步长 0.02 s，整个荷载随时间分布见图 5。

4. 计算结果分析

4.1. 整体应力及变形分析

提取整个计算时段中各点处应力最大值，其结构整体应力最大值分布见图 6，图中所示为 Von Mises 应力分布云图。由图可见，结构的最大应力主要出现在梁翼缘与贴板的连接部位，最大值为 450 MPa。另外以及贴板边缘与钢柱交界位置出现一定的应力集中现象。

梁端在反复加载下，结构整体塑性区域分布见图 7。由图可见，钢梁的薄弱区域为其与贴板的交界部位，而计算过程中也验证此点。在屈服之前梁翼缘与贴板相交处的应力总是大于贴板与柱壁相交处，只有当梁截面开始进入塑性区后，贴板与柱壁相交处的应力才开始接近屈服应力。

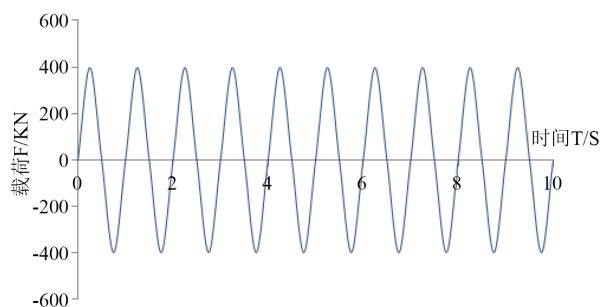


Figure 5. Curve of load distribution

图 5. 荷载分布曲线图

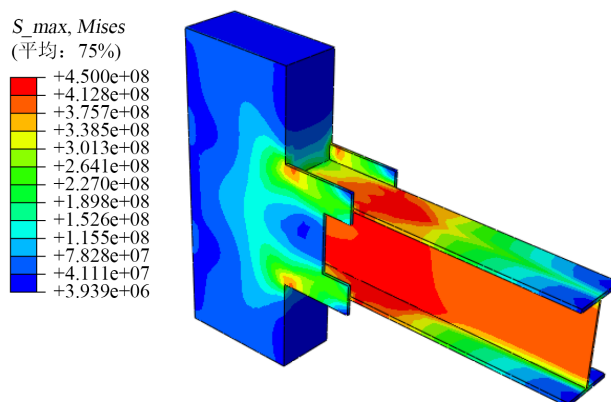


Figure 6. The cloud map of MISE stress

图 6. 整体 MISE 应力最大值分布图

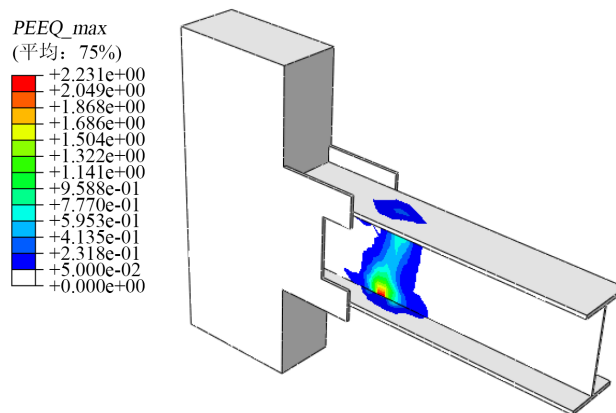


Figure 7. The distribution map of plastic regional

图 7. 整体塑性区域分布图

结构整体变形最大值分布见图 8，由图可见，其最大位移为钢梁的自由端，约 20 mm，而靠近贴板处梁的位移明显降低。另针对该节点处变形，选取了几个特征点进行分析，详见表 3。

4.2. 局部应力及变形分析

针对节点处，单独提取 5 个特征点，以对整个构件受力过程进行分析。特征点位置见图 9。D 点应力随时间变化分布见图 10。

Table 3. The maximum stress and displacement table of feature points
表 3. 特征点应力及位移最大值表

特征点	应力最大值(MPa)	位移最大值(mm)	位置
A	450	5.4	节点域端部梁翼缘中间部位
B	450	2.2	节点域端部梁腹板中间部位
C	211	0.06	梁翼缘与柱连接中间部位
D	346	0.07	梁翼缘、贴板与柱连接处
E	280	0.4	梁翼缘与贴板连接中间部位

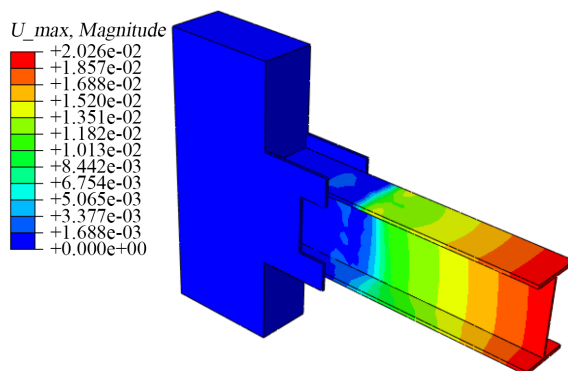


Figure 8. The distribution map of deformation
图 8. 整体变形最大值分布图

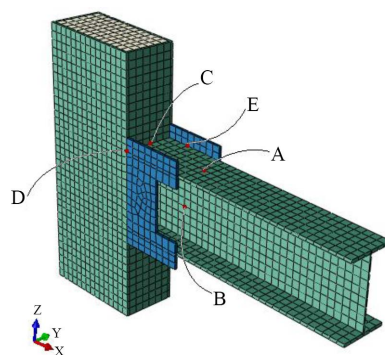


Figure 9. The distribution map of feature point
图 9. 特征点位置分布图

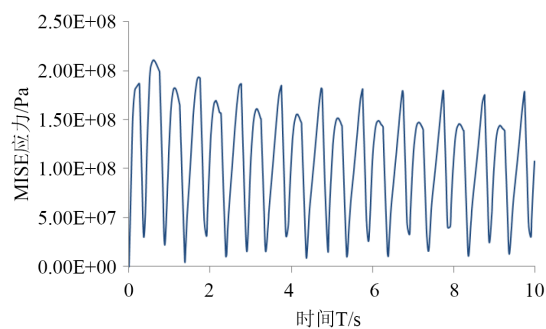


Figure 10. The MISE stress distribution diagram with C characteristic point
图 10. C 特征点 MISE 应力随时间分布图

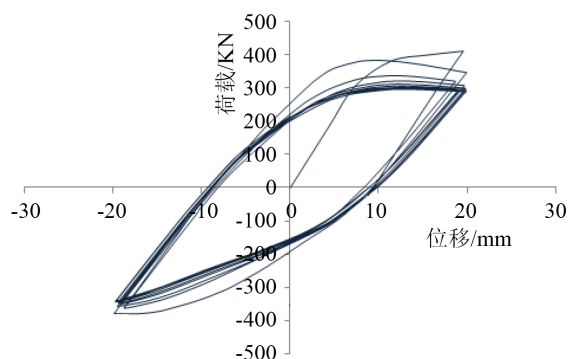


Figure 11. The P-delta hysteresis curve of steel beam

图 11. 钢梁 P- Δ 滞回曲线

4.3. 荷载—位移滞回曲线分析

考虑梁端处的反复加载,提取该处的荷载及位移进行分析。整个过程中钢梁的 P- Δ 滞回曲线见图 11。由图可见,所施加的荷载 F 其值已接近构件承受极限,滞回曲线在钢梁发生屈服后呈现明显的非线性,整个曲线形状相似,能够反映出节点受力的基本特性。

5. 结论

通过以上有限元分析结果,可得出以下简要结论:

1) 钢梁与贴板相交处、贴板与柱壁相交处的应力对节点的强度起控制作用。

2) 钢梁 P- Δ 滞回曲线的变化规律合理,通过计算可以很好反应梁柱节点的荷载承受极限,为工程设计提供参考。

参考文献

- [1] 刘晓刚,樊健生,陶慕轩,等. 钢管混凝土柱-钢梁节点核心区受剪承载力计算对比研究[J]. 建筑结构, 2012, 2: 85-92.
- [2] 框架节点专题研究组. 低周反复荷载作用下钢筋混凝土框架梁柱节点核心区抗剪强度的试验研究[J]. 建筑结构, 1983, 18(2): 85-91.
- [3] 高小旺,李玉萍,李玉文,等. 框架节点抗震鉴定与加固实例-某大楼工程质量事故处理[J]. 建筑科学, 1987, 24(3): 89-91.
- [4] 赵鸿铁. 钢筋混凝土梁柱节点的抗裂性[J]. 建筑结构, 1990, 14(3): 79-83.
- [5] 王冬晔. 某工程钢管混凝土柱-钢梁节点抗震设计有限元分析[J]. 福建建筑, 2014(6): 2-7.
- [6] 于杰,陈伶俐. 钢筋混凝土框架节点抗震性能研究进展[J]. 世界地震工程, 2010, 37: 50-56.
- [7] 混凝土结构设计规范: GB 50011-2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

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