

文章编号:1001-4888(2018)06-0885-08

高温后方钢管再生混凝土柱抗震性能试验研究^{*}

柯晓军^{1,2}, 安进¹, 苏益声^{1,2}, 陈敏¹

(1. 广西大学 土木建筑工程学院 工程防灾与结构安全教育部重点实验室, 广西 南宁 530004;
2. 广西防灾减灾与工程安全重点实验室, 广西 南宁 530004)

摘要: 本文进行了6个高温后方钢管再生混凝土柱试件和1个常温对比试件的拟静力试验, 研究再生粗骨料取代率、受热温度和套箍指数对试件表观变化、破坏形态和抗震性能的影响。结果表明: 高温后钢管表面氧化而呈现暗红色; 在常温和高温作用下的试件破坏形态相似, 均为钢管底部发生鼓曲破坏; 除套箍指标较小的试件外, 所有试件的滞回曲线比较饱满, 变形满足抗震延性需求; 上述这些受再生粗骨料取代率的影响不大, 而受热温度影响显著, 其中受热温度300℃时的损伤严重、性能劣化最为突出。

关键词: 钢管混凝土(CFST); 再生骨料混凝土; 拟静力试验; 高温; 抗震性能

中图分类号: TU398 **文献标识码:** A **DOI:** 10.7520/1001-4888-17-076

0 引言

火灾(高温)作用后, 建筑结构的强度、刚度等性能发生改变, 对于地震区来说, 需进一步考察其抗震能力, 以便采取相应的加固措施, 确保结构安全承担未来的地震作用^[1]。方钢管再生混凝土构件是指在方钢管内浇筑再生混凝土而形成的一种新型组合构件, 既能充分利用废弃混凝土, 节约能源、保护环境, 又能融合普通钢管混凝土承载力高、抗震性能好等优点, 在地震区高层建筑中的应用前景良好^[2-6]。因此, 研究高温后方钢管再生混凝土柱抗震性能具有重要的理论意义和工程应用价值。

组合结构或构件火灾(高温)后抗震性能的研究已有丰富的成果^[7-10], 由于钢管再生混凝土研究起步晚, 对其高温后的性能研究目前还较少。杨有福等^[11]通过试验和数值方法, 提出了高温后钢管再生混凝土轴压短柱的应力—应变关系模型和强度计算公式。查晓雄等^[12]基于平均温度场理论, 推导出高温下钢管再生混凝土柱承载力计算式。王兵等^[13]采用有限元方法, 研究不同温度、取代率作用下方钢管再生混凝土柱的荷载—应变全过程曲线, 深入分析了高温后轴压承载力折减系数的影响规律。陈宗平等^[14,15]对高温后方钢管再生混凝土柱轴压和偏压性能进行试验研究, 建立了剩余承载力计算理论。

上述研究主要针对高温后钢管再生混凝土柱在静力荷载作用下的剩余承载力和变形性能, 迄今为止, 未发现钢管再生混凝土柱高温后抗震性能的研究报道。为此, 本文作者进行了高温后方钢管再生混凝土柱抗震性能试验, 研究构件的承载能力、刚度、滞回特征等性能, 为火灾(高温)后方钢管再生混凝土柱的评估与修复提供依据。

1 试验概况

1.1 试件设计与制作

以再生粗骨料取代率(r)、历经受热温度(T_e)、套箍指数(ξ)为变化参数, 设计6个高温后方钢管再

^{*} 收稿日期: 2017-03-27; 修回日期: 2017-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(51668007, 51508112, 51468003), 广西自然科学基金项目(2015GXNSFBA139210), 广西教育厅中青年骨干教师基础能力提升项目(KY2016YB027, KY2016YB666), 广西重点实验室系统性研究项目(2016ZDX02)

通讯作者: 苏益声(1956—), 男, 硕士, 教授, 主要从事钢结构及组合结构的研究。Email: suyisheng@sina.com

生混凝土柱试件和1个常温试件进行低周反复荷载试验,设计参数详见表1。所有试件的轴压比 n 取 0.3, $n=N/f_c A_c$, 其中 f_c 为混凝土轴心抗压强度, A_c 为核心混凝土面积; 套箍指标 $\xi=A_s f_y/(A_c f_c)$, 其中 A_s 为钢管截面面积, f_y 为钢管屈服强度。考虑试验升温装置、试件制作方便等因素影响,试件高度取为 1060mm,钢管底部焊接 40mm 厚端板(与固定钢梁通过高强螺栓连接),在每侧加焊 100mm 等边三角形加劲肋,试验段实际长度为 860mm,图 1 所示为试件外型尺寸。

试件制作流程:首先切割钢管 1060mm,焊接端板后通过加劲肋加强,再在管内浇筑再生混凝土,室内养护 28d;然后将钢管再生混凝土柱放入工业箱型电阻炉进行高温试验,高温后自然冷却降至常温;最后是抗震试验前准备工作,如粘贴应变片、试件安装等。

1.2 试验材料及性能

试验所用方钢管为 Q235 直焊缝钢管, $\square 120 \times 5.52$ 、 $\square 150 \times 5.52$ 两种规格。再生混凝土配制原材料有海螺牌 42.5R 普通硅酸盐水泥、天然河砂、自来水、天然粗骨料和再生粗骨料。其中天然粗骨料为粒径 5~20mm 的连续级配碎石,再生粗骨料来源为实验室废弃混凝土试块,经二次破碎后人工筛分为 5~20mm 的连续粒级。所有再生混凝土配合比相同,水泥:水:砂:粗骨料=1:0.38:1.11:2.06 (水泥用量 $540\text{kg}/\text{m}^3$),再生粗骨料取代率改变时相应地调整再生和天然粗骨料的比列,总的粗骨料重量保持不变。预留钢管、再生混凝土的标准试样与试件同条件养护和高温试验,实测力学性能指标如表 2、表 3 所示。

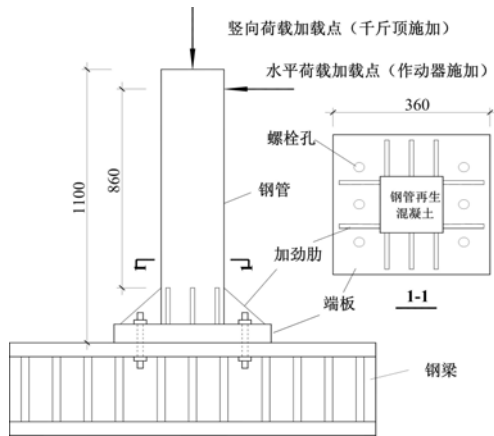


图 1 试件外型尺寸

Fig. 1 Section size of specimens

表 2 再生混凝土实测强度
Tab. 2 Measured strength of recycled aggregate concrete

取代率	温度	f_{cu}/MPa	f_c/MPa
0%	300	42.2	27.3
30%	300	47.6	30.8
70%	300	45.6	29.5
100%	300	44.9	29.0
100%	600	30.6	19.8
100%	20	49.87	32.26

注: f_{cu} 、 f_c 分别为实测立方体、棱柱体抗压强度。

表 1 试件设计参数
Tab. 1 Design parameter of specimens

试件编号	取代率	套箍指标	$T_c/^\circ\text{C}$	T/h	冷却方式
S-1	0%	2.01	300	1.5	自然冷却
S-2	30%	2.01	300	1.5	自然冷却
S-3	70%	2.01	300	1.5	自然冷却
S-4	100%	2.01	300	1.5	自然冷却
S-5	100%	1.48	300	1.5	自然冷却
S-6	100%	2.01	600	1.5	自然冷却
S-7	100%	2.01	20	—	—

表 3 钢管力学性能

Tab. 3 Mechanical properties of steel tube

钢管	温度	f_y/MPa	f_u/MPa	E_s/MPa
120	20	360.3	487.0	2.36×10^5
120	300	399.4	495.0	2.19×10^5
120	600	301.3	449.9	2.31×10^5
150	20	277.8	427.8	2.26×10^5
150	300	286.4	423.7	2.07×10^5

注: f_y 为屈服强度; f_u 为抗拉强度; E_s 为弹性模量。

1.3 高温试验装置

高温试验升温装置采用 RX3-45-9 型工业箱型电阻炉,额定功率为 45kW,最高炉膛温度为 950°C。将方钢管再生混凝土柱、预留混凝土试块和钢管试样放入炉内进行高温试验。达到预定受热温度后恒

温 1.5h, 打开炉口, 让试件留在炉膛内自然冷却, 记录表观现象。升温装置见图 2。



图 2 升温装置

Fig. 2 Temperature device



图 3 抗震试验加载装置

Fig. 3 Test set-up

1.4 抗震试验加载与测点布置

抗震试验采用力-位移混合控制的加载制度, 通过悬臂式加载装置施加水平反复荷载, 当荷载下降到峰值荷载 85% 以下或无法继续加载时停止试验, 加载装置如图 3 所示。测点布置方案: 沿水平荷载方向, 钢管拉、压面中部离端板 150mm 处 (即离加劲肋顶部 50mm) 沿纵、横向粘贴电阻应变片; 加载点高度处水平位移由电液伺服作动器自带位移传感器测试。试验测量内容: 加载点水平荷载、位移以及根部钢管应变值。

2 试验现象及破坏特征

2.1 高温试验现象

高温试验过程中, 观察到以下现象: 炉温约 200℃ 时, 明显见水蒸气从炉膛排气孔中冒出; 继续升温达到 400℃ 时, 大量水蒸气冒出, 之后逐渐变少; 接近 600℃ 时, 水蒸气基本消失。由此可知, 200℃ 时试件内部混凝土游离水与结晶水开始丢失, 400℃ 左右时, 游离水与自由水丢失严重。

方钢管再生混凝土柱表面颜色变化主要与受热温度有关, 受再生粗骨料取代率的影响不大。不同高温作用, 钢管表层 Fe 的氧化程度有差异, 300℃ 以前, 钢管与空气中氧气发生氧化反应不明显, 故颜色与室温时的接近。600℃ 时, 钢管氧化严重, 表面生成 Fe_2O_3 等氧化层, 呈现暗红色。

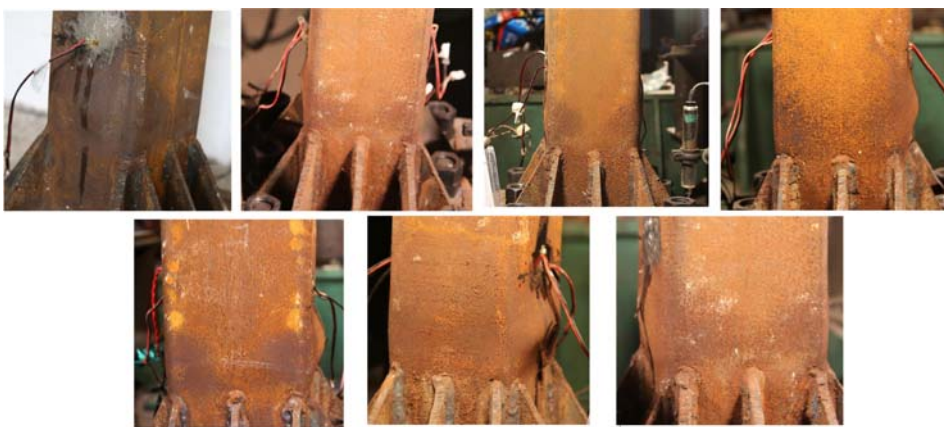


图 4 试件破坏形态 (按试件编号依次排列)

Fig. 4 Failure patterns of specimens (arrange in sequence according to specimen number)

2.2 抗震试验破坏特征

通过抗震性能试验, 观察到以下破坏特征:

(1) 高温后方钢管再生混凝土柱的主要破坏过程和破坏形态与常温试件相似, 均表现为试件根部 (加劲肋顶部) 钢管鼓曲破坏, 侧面也有明显的鼓曲波形, 如图 4 所示。

(2) 试验发现试件根部塑性铰区域贯穿整个钢管横截面,实测试件 S-1~S-7 塑性铰平均高度依次为 40mm、43mm、39mm、38mm、42mm、36mm、40mm。可见,塑性铰高度的影响规律为:随着再生粗骨料取代率的增大、随着套箍指标的降低、随着历经受热温度的提高而降低。

(3) 试验前钢管与核心混凝土具有良好的黏结性能;试件破坏后,通过铁锤敲击钢管表面,发现钢管根部区域的脱黏现象严重。

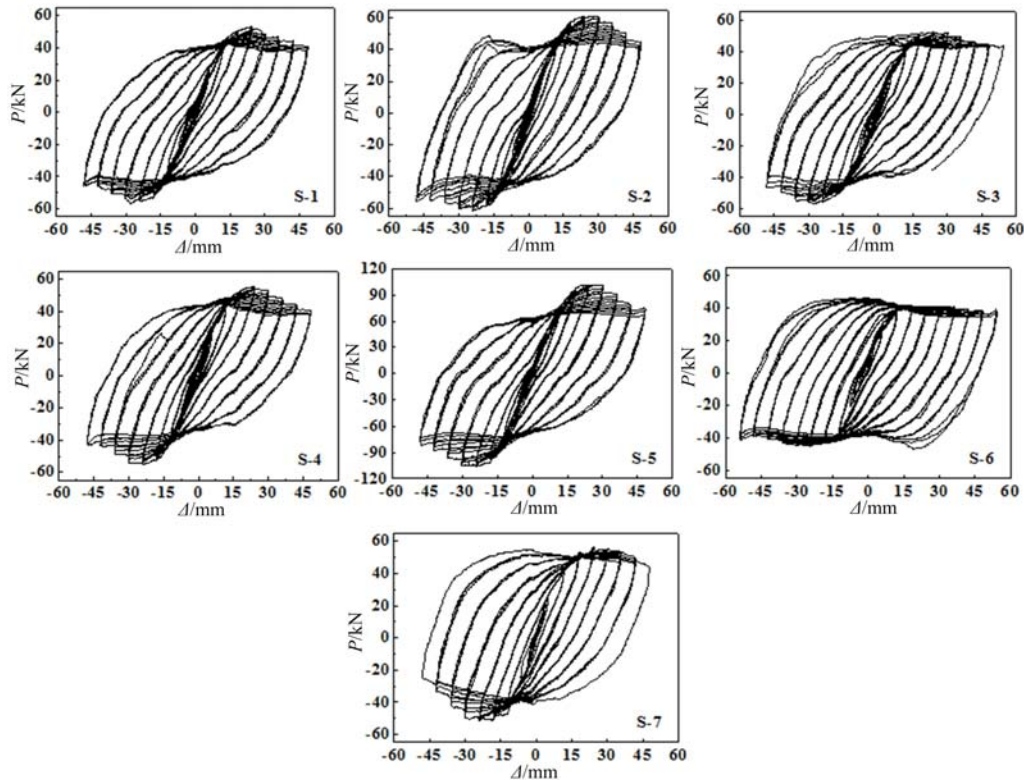


图5 试件滞回曲线

Fig. 5 Hysteretic loops of specimens

3 试验结果分析

3.1 滞回曲线

图5为实测荷载—位移滞回曲线。由图5可知:

(1) 除套箍指标较小的试件外,所有试件的滞回曲线比较饱满,没有明显捏缩现象,表明高温作用后方钢管再生混凝土柱抗震性能仍具有良好的稳定性。

(2) 改变再生粗骨料取代率,对高温后试件滞回曲线变化的影响不大;与试件 S-5 相对,试件 S-4 的滞回曲线饱满,因为套箍指标提高,核心混凝土受钢管约束能力增强,使得强度和刚度的退化缓慢。

(3) 受热温度对试件滞回曲线有影响,与常温试件 S-7 相比,试件 S-4 ($T_c=300^\circ\text{C}$) 的滞回曲线欠饱满,耗能能力降低;试件 S-6 ($T_c=600^\circ\text{C}$) 的耗能能力和变形能力等性能并非持续变差。

综上所述,高温后方钢管再生混凝土柱的抗震滞回性能较好,若适当提高套箍指标,性能会更好。

3.2 骨架曲线

图6为实测荷载—位移骨架曲线,由图6可知:

(1) 对比图6(a)中骨架曲线发现,加载初期,再生粗骨料取代率的改变,对试件初始刚度影响不大;进入弹塑性阶段后,骨架曲线逐渐分离,峰值过后越发明显,表明再生粗骨料在服役和制备过程中产生的微裂缝等初始缺陷,对后期承载力和刚度的影响相对显著。

(2) 对于套箍指标单参数变化试件,骨架曲线的改变显著,如图6(b)所示。套箍指标增大,钢管对核心混凝土的约束作用增强,使得试件承载力衰减缓慢,延性变好;而承载力的差异主要是由于柱截面

或钢管截面的不同所致。

(3) 受热温度的大小也会影响骨架曲线,如图 6(c)所示。与试件 S-7 相比,试件 S-4(300℃)的初始刚度变化不大,峰值提前且略有降低,后期强度衰减加快;试件 S-6(600℃)的弹性阶段持续时间变短,曲线在一定荷载范围内平稳变化后进行强化,试验结束时荷载与 300℃时的接近,表明受热温度越高,进入弹塑性阶段时越早,温度对峰值荷载影响较大,而对破坏荷载的影响相对较小。

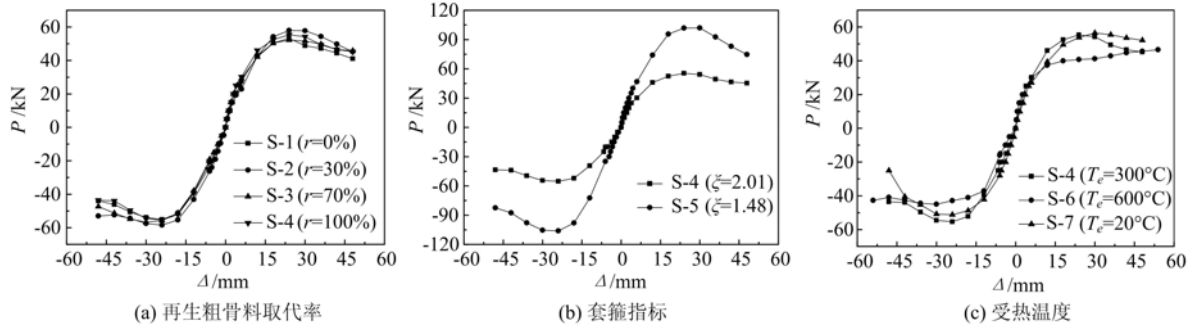


图 6 试件骨架曲线

Fig. 6 Skeleton curves of specimens

上述现象产生的原因是:1)钢材:与室温下相比,300℃高温作用后的强度相差不大,弹性模量略有降低;历经 600℃高温后,屈服强度、极限强度和弹性模量明显降低;2)再生混凝土强度随受热温度的提高而降低,300℃高温后变化显著;3)加载初期,钢管和混凝土共同受力,钢管屈服强度越低,弹性阶段持续时间越短,钢管屈服区域增加,核心混凝土所受约束减弱,荷载逐渐由核心混凝土承担,一旦钢管鼓曲严重,试件承载力决定于混凝土强度;4)试件 S-6 出现强化段的原因是钢管高温后具有强化特性,还会变软变韧,使得原方形截面易鼓曲演变成圆形,约束能力增强,承载力提高,所以各试件破坏荷载接近。

表 4 实测各特征点的承载力、位移、延性系数

Tab. 4 Measured bearing capacity, displacement, ductility coefficient

试件编号	方向	屈服点		峰值点		破坏点		延性系数 μ
		P_y/kN	Δ_y/mm	P_u/kN	Δ_u/mm	P_m/kN	Δ_m/mm	
S-1	正	42.31	12.02	53.26	23.78	45.27	39.98	3.05
	反	44.24	14.75	55.15	24.01	46.88	40.99	
S-2	正	46.47	13.84	57.94	24.08	49.25	42.79	3.33
	反	45.93	13.49	58.43	24.01	49.67	48.00	
S-3	正	42.80	12.71	52.19	24.58	44.36	47.78	3.48
	反	44.20	14.69	56.67	30.27	48.17	46.98	
S-4	正	44.08	11.36	55.40	23.95	47.09	40.93	3.08
	反	46.13	15.23	55.33	24.08	47.03	38.83	
S-5	正	80.29	13.24	101.92	29.74	86.63	40.28	2.82
	反	89.19	15.67	106.11	24.20	90.19	40.58	
S-6	正	35.62	10.67	42.68	24.38	46.53	54.00	4.67
	反	37.48	12.64	44.97	24.23	42.70	54.00	
S-7	正	37.02	11.75	55.44	30.26	52.17	54.00	3.77
	反	39.94	12.06	51.32	23.82	43.62	37.30	

3.3 承载力及变形能力

试件实测各特征值及变形指标见表 4。表中： P_y 、 P_u 、 P_m 为屈服荷载、峰值荷载和破坏荷载(取峰值

荷载下降至 85% 时对应的荷载值或未降至 85% 时取最大位移对应的荷载值); Δ_y 、 Δ_u 、 Δ_m 为所对应的位移值; μ 为延性系数, $\mu = \Delta_m / \Delta_y$ 。由表可见:

(1) 实测高温后方钢管再生混凝土柱的峰值荷载与屈服荷载比值在 1.19~1.29 之间, 表明方钢管再生混凝土柱高温后仍具有良好的安全储备。

(2) 除套箍指标较小试件 S-5 外, 其余试件位移延性系数在 3.05~4.67 之间, 均值为 3.56, 表明高温后钢管再生混凝土柱的延性良好, 并建议合理控制钢管混凝土的套箍指标。

表 5 试件的等效黏滞阻尼系数

Tab. 5 The equivalent viscous damping coefficient measure value of specimens

试件编号	等效黏滞阻尼系数 h_e		
	屈服点	峰值点	破坏点
S-1	0.103	0.241	0.394
S-2	0.114	0.232	0.437
S-3	0.118	0.240	0.451
S-4	0.114	0.247	0.401
S-5	0.091	0.203	0.361
S-6	0.212	0.369	0.538
S-7	0.166	0.288	0.435

(3) 试件延性系数受再生粗骨料取代率的影响不大; 随着套箍指标的增大而增大, 增幅 8.4%; 随受热温度的增加呈先降后增的变化趋势, 300℃ 时, 延性不理想。

3.4 耗能能力

表 5 为实测试件各特征点对应的等效黏滞阻尼系数 h_e 。由表 5 可知, 所有试件等效黏滞阻尼系数变化规律相似, 随位移的增加而增大。峰值、破坏所对应等效黏滞阻尼系数的变化范围分别为 0.203~0.369、0.361~0.538, 表明方钢管再生混凝土柱经历高温作用后, 仍具有良好的耗能能力。试件耗能能力受再生粗骨料取代率的改变呈波动变化, 但从总体上看影响不大; 随着套箍指标的减小而降低, 降幅 10%; 随着受热温度的增加呈先降后增的趋势, 300℃ 时, 试件耗能最为不理想。

4 结论

(1) 高温后方钢管再生混凝土柱表面氧化而呈现暗红色, 颜色变化主要与受热温度有关, 受再生粗骨料取代率的影响不大。

(2) 高温作用前后, 反复荷载作用下方钢管再生混凝土柱的主要破坏过程和破坏形态相似, 均表现为钢管底部发生鼓曲破坏。

(3) 除套箍指标较小的试件外, 所有试件的滞回曲线比较饱满, 变形满足抗震延性需求, 表明方钢管再生混凝土柱在高温作用后的抗震滞回性能仍较好, 若适当提高套箍指标, 性能会更好。

(4) 试件抗震性能受再生粗骨料取代率的改变呈波动变化, 变化幅度不大; 随着受热温度的增加, 试件承载力呈降低趋势, 而延性和耗能能力呈先降后增的变化趋势, $T_c = 300^\circ\text{C}$ 时的性能劣化最为突出。

参考文献:

- [1] 吴波, 唐贵和. 近年来混凝土结构抗火研究进展[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(6):110-121 (WU Bo, TANG Guihe. State of the art offire resistance study on concrete structures in recent years[J]. Journal of Building Structures, 2010, 31(6):110-121 (in Chinese))
- [2] 邱慈长, 王清远, 石膏爽, 等. 薄壁钢管再生混凝土轴压实验研究[J]. 实验力学, 2011, 26(1):8-15 (QIU Cichang, WANG Qingyuan, SHI Xiaoshuang, et al. Experimental investigation on the behavior of recycle concrete-filled thin-walled steel tube under axial compression[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2011, 26(1):8-15 (in Chinese))
- [3] 柯晓军, 陈宗平, 薛建阳, 等. 方钢管再生混凝土短柱轴压承载性能试验研究[J]. 工程力学, 2013, 30(8):35-41 (KE Xiaojun, CHEN Zongping, XUE Jianyang, et al. Experimental study on the bearing capacity of recycled aggregate concrete-filled square steel tube short columns under axial compression[J]. Engineering Mechanics, 2013, 30(8):35-41 (in Chinese))

- [4] 陈宗平,徐金俊,薛建阳. 取代率对钢管再生混凝土短柱轴压性能退化的影响分析[J]. 实验力学, 2014, 29(2): 207—214 (CHEN Zongping, XU Jinjun, XUE Jianyang. Influence of replacement ratio on axial compression performance degradation of recycled aggregate concrete-filled steel tube short column [J]. Journal of Experimental Mechanics, 2014, 29(2):207—214 (in Chinese))
- [5] 黄宏,朱彦奇,陈梦成,等. 矩形中空夹层再生混凝土钢管短柱轴压试验研究[J]. 实验力学, 2016, 31(1):67—74 (HUANG Hong, ZHU Yanqi, CHEN Mengcheng, et al. Experimental investigation on axial compression of rectangular recycled concrete-filled double-skin steel tube short column[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2016, 31(1):67—74 (in Chinese))
- [6] 蔡传国,韦忠瑄,杨绪普. 方钢管混凝土柱延性的实验研究[J]. 实验力学, 2013, 28(1):101—108 (CAI Chuanguo, WEI Zhongxuan, YANG Xupu. An experimental study of ductility for concrete-filled square steel tubular column[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2013, 28(1):101—108(in Chinese))
- [7] 余志武,丁发兴. 钢—混凝土组合结构抗火性能研究与应用[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(6):96—109 (YU Zhiwu, DING Faxing. Fire performance research application steel-concrete composite structures[J]. Journal of Building Structures, 2010, 31(6):96—109 (in Chinese))
- [8] 林晓康,韩林海. 火灾后圆钢管混凝土柱荷载—位移滞回性能研究[J]. 建筑结构学报, 2005, 26(3):19—29 (LIN Xiaokang, HAN Linhai. Load-displacement hysteretic behavior of concrete filled CHS columns after exposure to ISO-834 standard fire [J]. Journal of Building Structures, 2005, 26(3):19—29 (in Chinese))
- [9] 王广勇,谢福娣,张东明,等. 火灾后型钢混凝土柱抗震性能试验及参数分析[J]. 土木工程学报, 2015, 48(7): 60—70 (WANG Guangyong, XIE Fudi, ZHANG Dongming, et al. Test and parametric analysis on post-fire seismic performance of steel reinforced concrete columns[J]. China Civil Engineering Journal, 2015, 48(7):60—70 (in Chinese))
- [10] 李俊华,陈建华,孙彬. 高温后型钢混凝土柱抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2015, 36(5):124—132 (LI Junhua, CHEN Jianhua, SUN Bin. Experimental study on seismic performance of steel reinforced concrete columns after exposure to fire[J]. Journal of Building Structures, 2015, 36(5):124—132 (in Chinese))
- [11] Yang Youfu, Hou Rui. Experimental behaviour of RACFST stub columns after exposed to high temperatures[J]. Thin-Walled Structures, 2012, 59(4):1—10.
- [12] 罗超宁,查晓雄. 钢管再生混凝土柱耐火性能研究[J]. 建筑结构学报, 2015, 36(s2):35—41 (LUO Chaoning, ZHA Xiaoxiong. Research on fire resistance of recycled concrete filled steel tubular columns[J]. Journal of Building Structures, 2015, 36(s2):35—41 (in Chinese))
- [13] 王兵,刘晓,赵磊,等. 高温后方钢管再生混凝土短柱轴压受力性能分析[J]. 工程力学, 2015, 32(s1):153—158 (WANG Bin, LIU Xiao, ZHAO Lei, et al. Mechanical analysis of recycled concrete filled in square steel tube after high-temperature under axial compression [J]. Engineering Mechanics, 2015, 32 (s1): 153 — 158 (in Chinese))
- [14] 陈宗平,叶培欢,薛建阳,等. 高温后方钢管再生混凝土轴压短柱的受力性能研究[J]. 工业建筑, 2014, 44(11):13—18 (CHEN Zongping, YE Peihuan, XUE Jianyang, et al. Mechanical behavior of square steel tube short columns filled with recycled aggregate concrete under axial compression after high temperature[J]. Industrial Construction, 2014, 44(11):13—18 (in Chinese))
- [15] 陈宗平,周文祥,薛建阳,等. 高温后方钢管再生混凝土偏压柱受力性能试验[J]. 工业建筑, 2014, 44(11):25—31, 57 (CHEN Zongping, ZHOU Wenxiang, XUE Jianyang, et al. Test of recycled aggregate concrete filled square steel tube column subjected to eccentric compression after high temperature [J]. Industrial Construction, 2014, 44(11):25—31, 57(in Chinese))

Experimental study on seismic performance of recycled aggregate concrete-filled square steel tube column after high temperature

KE Xiao-jun^{1,2}, AN Jin¹, SU Yi-sheng^{1,2}, CHEN Min¹

(1. Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural Safety of Ministry of Education, College of Civil Engineering and Architecture, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Disaster Prevention and Engineering Safety, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In this paper, a quasi-static experiment was carried out for 6 recycled aggregate concrete filled steel tubular columns which were subjected to high temperature treatment and 1 contrastive specimen which was in normal temperature environment. The purpose is to study the effect of replacement rate of recycled coarse aggregate, heating temperature and hoop index on the apparent change, failure pattern and seismic performance of specimens. Experimental results show that the surface of tubular columns is oxidized and appears dark red after high temperature treatment; the failure patterns of all specimens are similar no matter what at room temperature and high temperature, both are caused by bulging failure at the bottom of the steel tube; the hysteretic curves of all specimens except for the specimen with small hoop index are plump, and the deformation can meet the requirements of seismic ductility; above these are not affected by the replacement rate of recycled coarse aggregate, but obviously by the heating temperature, among which, the damage is serious and the performance degradation is the most serious at 300°C.

Keywords: Concrete filled steel tube (CFST); recycled aggregate concrete; quasi-static experiment; high temperature; seismic performance