

文章编号:1673-2049(2006)01-0045-04

钢管混凝土桁架新型节点试验研究

曹宝珠^{1,2}, 周绪红¹, 刘永健³

(1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061;
2. 吉林建筑工程学院 土木工程系, 吉林 长春 130021; 3. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘要:对6个圆形钢管节点板式节点和6个钢管混凝土节点板式节点进行了对比试验研究。试验结果表明:空钢管试件在达到极限荷载时,节点板下空钢管发生严重局部屈曲而丧失承载力;钢管混凝土节点则在节点板下只发生轻微局部屈曲现象,具有较高的承载力。相比之下,钢管混凝土的承载力明显高于空钢管的承载力,并具有更好的延性性能。在钢管混凝土桁架中采用节点板式节点可比相贯节点更加方便、可靠。

关键词:节点板式节点;空钢管;承载力;局部屈曲性能;钢管混凝土桁架

中图分类号:TU528.59 **文献标志码:**A

Experimental Research on New Joints of Concrete-Filled Steel Tube Truss

CAO Bao-zhu^{1,2}, ZHOU Xu-hong¹, LIU Yong-jian³

(1. School of Architectural Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China;
2. Department of Civil Engineering, Jilin Architectural and Civil Engineering Institute, Changchun, 130021, Jilin, China; 3. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Comparison experimental research on the ultimate strength of gusset plate joints of hollow steel tubes (HST) and concrete-filled steel tubes (CFST) were carried out in 12 specimens. The joints of steel tube with and without concrete infilling were compared. The static test results indicate that the load on gusset plate can be transferred to concrete composite column members, as long as the strength of welding that connects gusset plate and steel tube is enough. The bearing capacity and local buckling performances of CFST joints with gusset plate are much better than those of HST. This type of CFST joint can be used in composite truss systems and be more convenient than traditional connections.

Key words: gusset plate joint; hollow steel tube; bearing capacity; local buckling performance; concrete-filled steel tube truss

0 引言

钢管混凝土由于具有良好的受力性能和抗震性能而在建筑工程中得到了较为广泛的应用,尤其是承受轴向压力较大的结构,多采用钢管混凝土作为受压构件。对于大跨和巨型结构,也可考虑采用钢

管混凝土组合桁架作为主要承载体系。其受压杆件采用钢管混凝土构件,受拉杆件采用纯钢构件,可充分发挥各材料的强度,提高承载力而获得更好的经济效益。过去钢管混凝土桁架多用于桥梁结构,房屋建筑中应用的并不多,且节点均为相贯连接^[1]。相贯节点焊接工序较为复杂且质量不易保证,因此

收稿日期:2006-01-23

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2005E215);吉林省教育厅科研计划项目(2003056)

作者简介:曹宝珠(1970-),男,黑龙江牡丹江人,吉林建筑工程学院副教授,工学博士,博士后,E-mail:caobaozhu_e@163.com。

过程中均有局部屈曲现象发生。对于空钢管节点,当荷载加至 80% 极限荷载时,即在节点板下方出现轻微的局部屈曲,随荷载的增加,屈曲现象逐渐明显。当达到极限荷载时,节点板下方已有较严重的局部屈曲现象发生,此后承载力急剧下降[图 5 (a)]。当填注混凝土后,在达到

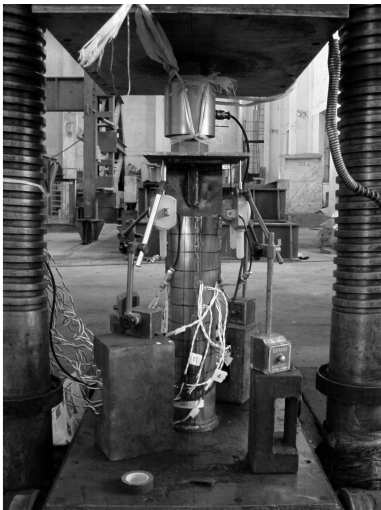
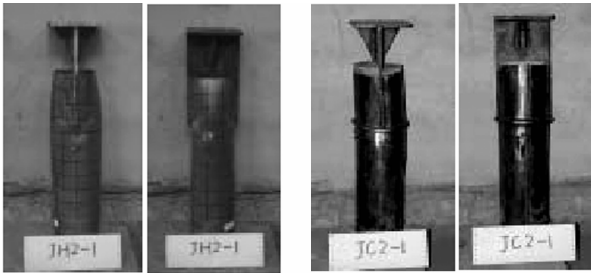


图 4 试验装置

Fig. 4 Test Setup

极限承载力前,钢管没有屈曲现象发生。在加载过程中,节点板下方钢管的应变呈对称分布。节点板正下方应变增长较快,垂直方向增长较慢。在试件达到极限荷载时,节点板下方应变片先后达到屈服并进入塑性状态,随后也有局部屈曲现象发生[图 5 (b)]。此时荷载并未突然下降,而仍然在缓慢增加,具有较好的后期承载力性能。将钢管混凝土节

点剖开后,发现节点板下方混凝土有被压碎的痕迹。在钢管的屈曲部位下方,其混凝土并没有发生劈裂现象。



(a)空钢管节点 (b)钢管混凝土节点

图 5 空钢管与钢管混凝土节点的破坏对比

Fig. 5 Destroy Comparison of HST Joints and CFST Joints

2.2 试验结果

从表 1 的极限承载力可以看出:钢管混凝土节点比空钢管节点具有更大的承载力。对于相同截面、壁厚度和强度的钢管,填注混凝土后,其极限承载力比空钢管节点提高至少 1 倍以上。从图 6、7 可以看出:空钢管节点在达到极限承载力后,承载力急剧下降,呈现出薄壁圆钢管的破坏特征,主要为局部屈曲破坏,其节点板下方应变已达到屈服应变,并进入塑性状态,垂直方向应变未达到屈服应变,其环向应变分布很不均匀;钢管混凝土节点在达到极限荷

表 1 空钢管与钢管混凝土试件参数

Tab. 1 Parameters of HST and CFST Specimens

试 件	高度 H/mm	外径 D/mm	壁厚度 t/mm	径厚比值 $D \cdot t^{-1}$	混凝土强度/MPa	极限承载力 N/kN
JH1-1	310	100	2.0	50.0	—	130.0
JH2-1	370	120	2.0	60.0	—	137.5
JH3-1	460	150	2.0	75.0	—	155.0
JH4-1	310	100	1.2	83.8	—	62.0
JH5-1	370	120	1.2	100.0	—	60.0
JH6-1	460	150	1.2	125.0	—	65.7
JC1-1	310	100	2.0	50.0	21.2	270.0
JC2-1	370	120	2.0	60.0	21.2	303.4
JC3-1	460	150	2.0	75.0	21.2	431.1
JC4-1	310	100	1.2	83.8	21.2	232.0
JC5-1	370	120	1.2	100.0	21.2	245.9
JC6-1	460	150	1.2	125.0	21.2	333.8

表 2 钢材的材料性能参数

Tab. 2 Property Parameters of Steel Material

厚度 t/mm	屈服强度 f_y/MPa	极限强度 f_u/MPa	泊松比 ν	伸长率 $\delta/\%$	弹性模量 E_s/MPa
2.0	216.0	342.9	0.309	25.2	162 050
1.2	253.3	334.2	0.295	25.0	165 700

载前,首先在节点板下方出现局部屈曲,而后发展为环形屈曲,其各测点的竖向应变在屈曲发生前均已达到屈服状态,此时随荷载缓缓增加,竖向变形逐渐加大,表现出很好的延性性能。钢管混凝土节点在

破坏时,其节点板下方出现明显的环形屈曲现象;同时屈曲位置下方钢管内混凝土出现斜向剪切应力破坏,与薄壁钢管混凝土短柱的破坏特征有些相似,但其极限承载力较相同条件下的钢管混凝土短柱小,

可能与节点板下方的局部效应有关。

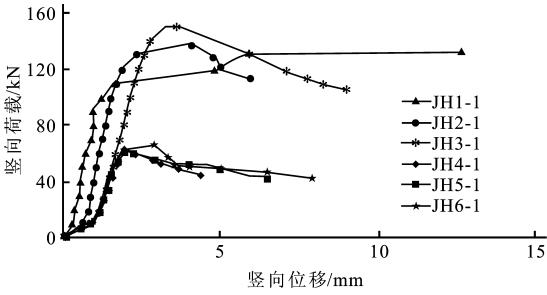


图 6 竖向荷载作用下空钢管节点的
荷载-位移关系

Fig. 6 Relation of Load and Deflection of HST Joints
Under Vertical Load

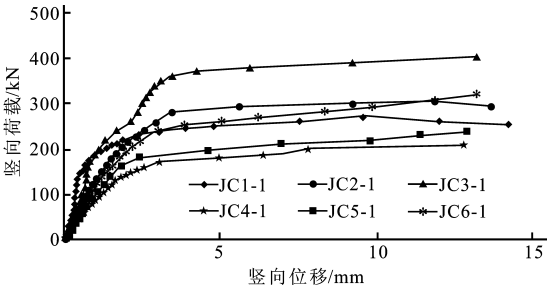


图 7 竖向荷载作用下钢管混凝土节点
的荷载-位移关系

Fig. 7 Relation of Load and Deflection of CFST Joints
Under Vertical Load

2.3 试验分析

为考察钢管的径厚比值对空钢管和钢管混凝土节点承载力的影响,可对钢管竖向平均应力与径厚比值的 关系进行分析。钢管混凝土在极限荷载作用下的钢管应力,可按变形协调方法将钢管和混凝土按弹性模量进行折算得到。从图 8 可以看出:空钢管在极限荷载下的竖向应力随径厚比值的增大逐渐减小;钢管混凝土试件的钢管应力并无明显规律。空钢管中径厚比值较小的试件,其极限应力接近于钢材的屈服强度,而钢管混凝土试件中钢管的应力远大于钢材的屈服强度,甚至进入强化阶段,即钢管内填有混凝土后,其材料强度已得到了充分利用,钢管的径厚比值对其构件极限承载力的影响并不敏感。

3 结 语

空钢管节点和钢管混凝土节点在静力荷载作用下的对比试验结果表明:钢管内填有混凝土后可有效改善钢管与节点板连接的受力性能,大大提高了极限承载力。只要其连接的焊缝具有足够大的强度,加在节点板上的荷载就能可靠地传递到钢管混凝土构件上。

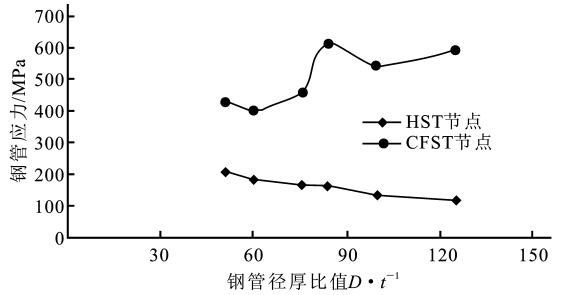


图 8 钢管径厚比值对钢管应力的影响

Fig. 8 Ratio of Steel Tube Diameter and Thickness
Effect on Stress

(1)对于空钢管节点,达到极限承载力时发生局部屈曲破坏;对于钢管混凝土试件在极限荷载时,节点板下发生环形局部屈曲,同时该处混凝土被压碎。

(2)钢管混凝土节点的极限承载力远大于空钢管节点的极限承载力。

(3)钢管混凝土试件比空钢管试件具有更好的延性性能。

(4)空钢管节点在轴压荷载作用下钢管的极限应力随径厚比值的增大而减小;钢管混凝土节点则对钢管径厚比值的变化并不敏感。

参考文献:

References:

- [1] 钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1994.
ZHONG Shan-tong. Concrete Filled Steel Tube Structure[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1994.
- [2] WILLIAMS G C, RICHARD R M. Analysis and Design of Large Diagonal Bracing Connections[J]. Structural Engineering, 1996, 8(1): 1-27.
- [3] YAM M C, CHENG J J R. Behavior and Design of Gusset Plate Connections in Compression[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2002, 58(2): 143-159.
- [4] SHENG N, YAM C H, LU V P. Analysis Investigation and the Design of the Compressive of Steel Gusset Plate Connections[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2002, 58(2): 1473-1493.
- [5] WALBRIDGE S S, GRONDIN G Y, CHENG J J R. An Analysis of the Cycle Behaviour of Steel Gusset Plate Connections[J]. Journal of Constructional Steel Research, 1998, 46(1): 449-450.
- [6] BLUMEL S, FONTANA M. Load-Bearing and Deformation Behaviour of Truss Joints Using Thin-Walled Pentagon Cross-Sections[J]. Thin-Walled Structures, 2004, 42(2): 295-307.