

文章编号: 1673-9469(2010)04-0009-04

两类转换梁式框支短肢剪力墙结构性能研究

孙军¹, 吴学清², 杨群星³

(1. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038; 2. 邯郸职业技术学院 建工系, 河北 邯郸 056001; 3. 河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021)

摘要: 通过施加竖向荷载和水平低周反复荷载作用下的拟静力试验, 获得了斜柱式和加腋梁式这两类转换梁式框支短肢剪力墙结构模型试件转换节点的开裂前后的应力状态, 裂缝的产生、发展, 以及试件最后的破坏形态等基本数据, 并着重研究了加斜柱和加腋的转换梁对整个转换节点的影响。试验结果表明, 相比于加腋式试件, 斜柱式试件的初始刚度和极限刚度更高, 滞回曲线更为丰满, 滞回耗能也有所提高。

关键词: 转换梁; 框支短肢剪力墙; 加腋梁式; 斜柱式; 结构性能

中图分类号: TU398

文献标识码: A

Seismic behavior of frame-supported short-leg shearwall structure with haunched and inclined transfer beam

SUN Jun¹, WU Xue-qing², YANG Qun-xing³

(1. Natural Resource College, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Architecture and Engineering Department, Vocational and Technical College of Handan, Hebei Handan 056001, China; 3. College of Water Conservancy and Electrical Power, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056021, China)

Abstract: According to the experiments on short-leg shearwall transfer beam specimens subject to vertical load and horizontal cyclic load have been carried out, mechanical behaviors of the joints are investigated. The stress states before and after cracking, the occurrence and development of cracks and the failure modes were obtained. The test research the influence of haunched and inclined beam on the carrying capacity of transfer joint. The results show that the initial slope column specimen stiffness and ultimate stiffness are both greater than the haunched type specimen, their hysteresis curve are established and hysteresis energy has also increased.

Key words: transfer-beam; frame-supported short-leg shear wall; haunch; incline; seismic behavior

当高层建筑转换层结构上部为短肢剪力墙, 下部为框架结构时, 就形成了框支短肢剪力墙结构。近些年来, 框支短肢剪力墙结构形式日益受到重视, 而转换梁具有传力直接明确、传力路径清楚、构造简单等优点, 在高层建筑转换结构中的应用更为广泛。转换梁通过局部加腋或加斜柱的方式改善其竖向受力性能, 可以有效降低其截面高度, 尽管已大量应用于工程实践, 但加腋和加斜柱对结构抗震性能的影响目前还缺乏研究。本文利用 ANSYS 对转换梁式框支短肢剪力墙结构的抗震试验进行分析, 对加腋和加斜柱转换梁的结构性能

能进行探讨, 希望能为工程设计提供参考。

1 试件设计与试验概况

1.1 弹性有限元建模

试验以 ANSYS 程序进行的弹性有限元分析为基础, 按照试验原形建立有限元模型, 尺寸如图 1、图 2 所示。为了简化分析过程, 对钢筋和混凝土在构件设计分析中将不再区分, 且不考虑混凝土开裂、钢筋屈服等非线性因素, 采用弹性单元进行分析。弹性有限元分析的有关参数取值如表 1 所示。

收稿日期: 2010-08-21

作者简介: 孙军(1966-), 女, 辽宁北镇人, 讲师, 从事结构工程的教学和研究。

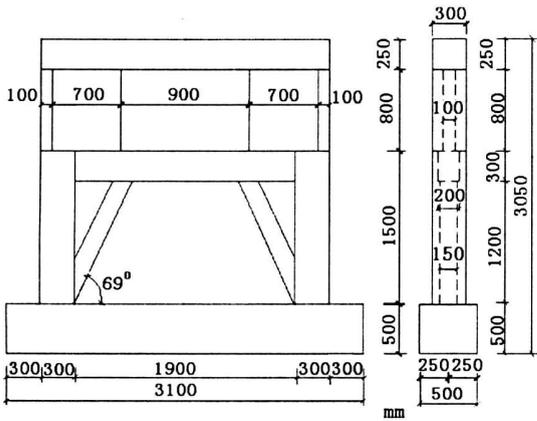


图1 斜柱式试件尺寸图

Fig.1 Dimensions of the inclined specimen

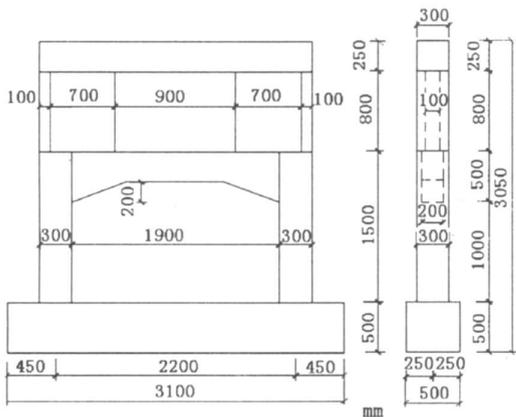


图2 加腋梁式试件尺寸图

Fig.2 Dimensions of the haunched specimen

表1 弹性有限元分析中的参数值

Tab.1 Parameters for elastic FEA

参数名称	强度等级	$f_k / (N \cdot mm^{-2})$	剪力墙轴压比	弹性模量 E_c / MPa	泊松比 μ
参数值	C20	15.2	0.3	2.55×10^4	0.2

在分析中采用三维弹性实体单元建模,对于弹性分析所选用的单元类型是 SOLID95。

试验时的加载分为两个载荷步,第一个载荷步施加竖向荷载,第二个载荷步施加水平荷载。在建立有限元模型时也采用同样的方式,将基础梁按固端约束,在剪力墙上方传力梁的相应位置施加竖向荷载。由于试件自重相对于承载力很小,在有限元分析时忽略了自重对结构内力的影响,竖向荷载的大小按照短肢剪力墙的试验轴压比为0.3来确定。水平荷载分别按90kN、120kN、150kN、180kN取值进行试算。

1.2 斜柱式试件配筋

试验取用斜柱截面高度为150mm的试件在荷载作用下,针对ANSYS应力的等值线图进行分析。通过对ANSYS计算结果进行路径操作,并通过积分等操作得到试件各部分的应力分布规律及各部分的内力值。

转换梁按各截面内力计算出的纵筋实配 $3\phi 14$,而箍筋由构造确定配 $\phi 10 @ 80$ 。本文中为保证试件不会在传力梁上先发生破坏,加大了配筋,实配 $3\phi 25$,并对称配置。剪力墙水平和竖向分布筋为 $\phi 10 @ 100$,短肢剪力墙端部设置暗柱,每个暗柱纵筋选用 $16\phi 10$ 。

1.3 加腋梁式试件配筋

试验取用的加腋高度为200mm的试件在水平荷载作用下进行分析说明。通过对ANSYS计算的结果进行路径操作、积分操作得到试件各部分的应力分布规律,进一步得到各部分的内力值。本文取用框支柱截面C,转换梁截面B,剪力墙截面W,对这些截面分别进行数据的提取、计算和分析。

转换梁按各截面内力计算出的纵筋实配 $3\phi 14$,而箍筋由构造确定配 $\phi 10 @ 80$ 。本文中为保证试件不会在传力梁上先发生破坏,加大了配筋,实配 $3\phi 25$,并对称配置。剪力墙水平和竖向分布筋为 $\phi 10 @ 100$,短肢剪力墙端部设置暗柱,每个暗柱纵筋选用 $16\phi 10$ 。为了保证“强柱弱梁”,对柱中纵筋采用 $8\phi 20$,纵筋配筋率为2.79%,框支柱箍筋采用复合箍并全长加密,选用 $\phi 10 @ 80$ 。

2 试验现象

对斜柱式构件平稳施加竖向荷载到恒定的轴力值,使其达到试验所要求的轴压比0.3,然后水平反复荷载由拉压千斤顶对试件分级施加。试件逐渐产生相应变形,裂缝在各部位相继出现并不断发展,转换梁端部纵筋屈服,形成塑性铰;随后柱脚开始屈服并最终形成塑性铰;在接近极限荷载时,梁端出现混凝土压碎并大量脱落,纵筋受压屈曲现象,并在此部位形成较宽的破坏主裂缝,最终以转换梁跨中区段两端混凝土被压碎并部分脱落,钢筋被压屈,从而导致试件失效,如图3所示。

对加腋梁式构件平稳施加竖向荷载到恒定的轴

力值,使其达到试验所要求的轴压比 0.15,然后水平反复荷载由拉压千斤顶对试件分级施加。试件逐渐产生相应变形,裂缝在各部位相继出现并不断发展,转换梁端部纵筋屈服,形成塑性铰;随后柱脚开始屈服并最终形成塑性铰;在接近极限荷载时,梁端出现混凝土压碎并大量脱落,纵筋受压屈曲现象,并在此部位形成较宽的破坏主裂缝,最终以转换梁跨中区段两端混凝土被压碎并部分脱落,钢筋被压屈,从而导致试件失效,如图 4 所示。



图 3 斜柱式试件最终破坏形态

Fig. 3 Failure mode of inclined specimen

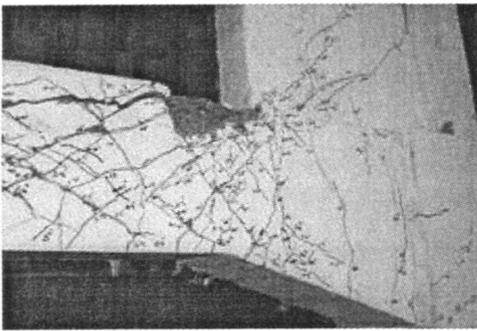


图 4 加腋梁式试件最终破坏形态

Fig. 4 Failure mode of haunched specimen

3 转换梁的试验结果分析

3.1 滞回曲线分析

图 5、图 6 为两构件的 $P-\Delta$ (水平力—水平位移) 滞回曲线, P 为由拉压千斤顶施加的荷载, Δ 为转换梁左端头中心处的水平位移。结构滞回曲线的形状较饱满,表明结构具有良好的耗能性。

斜柱式试件转换梁纵筋屈服之后,随着裂缝的开展,试件逐步表现出越来越明显的塑性性质。

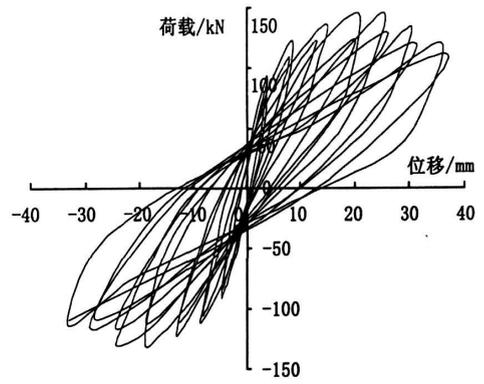


图 5 斜柱式试件的滞回曲线

Fig. 5 Load and displacement loops of inclined specimen

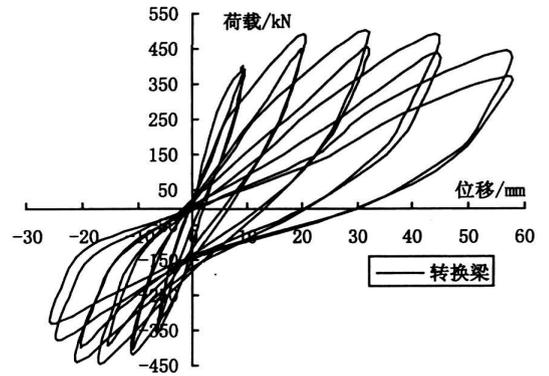


图 6 加腋梁式试件的滞回曲线图

Fig. 6 Load and displacement loops of haunched specimen

$\mu_{\Delta}=2$ 时,在反复周期荷载的作用下,荷载稍有增加,构件便发生较为明显的位移。 $\mu_{\Delta}=4$ 时,构件刚度下降更为明显,从 $P-\Delta$ 曲线可以看出,此时构件的承载力已经接近极限承载力。 $\mu_{\Delta}=5$ 时,随着荷载的增加,位移增长趋势更为明显,达到构件极限承载力 161kN。之后,构件的承载力开始降低,再加载刚度的退化变得更加明显,其卸载刚度的退化也表现得比较明显,构件在反向加载过程中,滞回曲线呈反 S 形,有明显的捏拢现象。

加腋梁式试件的滞回曲线在 $\mu_{\Delta}=3$ 之前呈梭形,曲线饱满,具备较好的耗能能力;在 $\mu_{\Delta}=3$ 时达到极限承载能力,此后由于在较大荷载下出现了明显的粘结滑移,滞回曲线呈明显的反 S 形,表现出了明显的捏缩现象;在 $\mu_{\Delta}=5$ 时构件的承载能力出现 25% 以上的急剧下降,可认为构件失效。

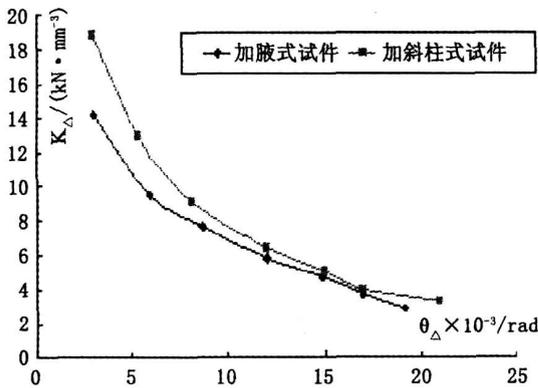
表 2 试件的耗能能力

Tab. 2 Energy dissipation capability of the specimens

试件编号 项 目 $P_y \Delta_y$	加腋式试件		斜柱式试件	
	第一循环	第二循环	第一循环	第二循环
	4 105.8		882.61	
1	3 722.8	3 422.6	263.9	127.6
2	9 761.9	8 692.1	742.3	381.4
3	16 435.3	14 720.5	1 382.7	892.9
4	19 961.4	17 922.3	2 397.7	1 437.8
5	21 966.0	—	2 487.4	1 972.1
6	—	—	2 618.7	2 510.2
7	—	—	2 949.7	2 901.5
8	—	—	263.9	127.6
ΣE_i	116 604.9		23 065.9	
μ_E	28.4		26.13	

3.2 刚度退化分析

试件转换层 $K_\Delta - \theta_\Delta$ 曲线如图 7 所示。随着层间位移角的增大, 两试件侧移刚度逐步衰减, 开始时侧移刚度衰减速度快, 之后衰减速度逐渐变缓。同时, 加斜柱式试件初始刚度明显大于加腋式试件, 并且极限刚度也大于加腋式试件。加斜柱式试件在加载前期衰退曲线几乎与加腋式试件重合, 但在加载后期其衰退速度明显大于加腋式试件。

图7 试件转换层 $K_\Delta - \theta_\Delta$ 曲线Fig. 7 The $K_\Delta - \theta_\Delta$ curve of the specimen

3.3 耗能能力分析

计算结果表明(表 2), 斜柱式试件耗能能力要好于加腋梁式试件, 可以认为还是由于加了斜柱使构件延性得到提高, 因此塑形变形能提高很多, 从滞回曲线也可看出斜柱式试件相比加腋式试件更为丰满, 因此滞回耗能也有所提高。

4 结论

1) 在梁端局部加腋的框支短肢剪力墙结构

中, 明显地增强了转换梁在支座区段的抗剪承载力, 可以有效地降低梁的截面尺寸。

2) 相同条件下斜柱式转换结构侧向刚度比梁式转换结构大, 更易满足规范中转换层上、下结构侧向刚度比的要求, 能有效的避免转换层形成结构薄弱层。

3) 短肢剪力墙在设计时应考虑剪力墙墙肢翼缘的作用, 在剪力墙肢端部应加强箍筋的构造要求, 使墙肢具有较好的延性。

4) 斜柱式转换结构的耗能均不及梁式转换结构, 除了不同材料的影响因素外, 还应注意斜柱不宜设计的过强。

参考文献:

- [1] JGJ3-2002 高层建筑混凝土结构设计规程[S].
- [2] 王涛, 孟丽岩, 林景红, 等. 框架-剪力墙结构的弹塑性地表反应[J]. 黑龙江科技学院学报, 2008, 18(6): 455-459.
- [3] ANSYS 公司. ANSYS 使用手册[Z].
- [4] GB50010-2002 混凝土结构设计规范[S].
- [5] 李豪邦. 高层建筑中结构转换层的新形式-斜柱转换[J]. 建筑结构学报, 1997, 18(2): 41-45.
- [6] 陆新征, 江见鲸. 用 ANSYS Solid 65 单元分析混凝土组合构件复杂应力[J]. 建筑结构, 2003, 33(6): 22-24.
- [7] 魏翠玲, 邵新刚. T 型短肢剪力墙的弹塑性分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2009, 26(1): 40-42.
- [8] 曹秀萍, 马耀庭. 斜柱在深圳 2000 大厦高位转换中的应用[J]. 建筑结构, 2002, 32(8): 15-19.

(责任编辑 马立)