

T形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面承载力影响因素研究

李晓莉, 畅 虎, 谢丽楠

(西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 为了确保T形型钢混凝土短肢剪力墙发生延性剪切破坏, 在对其破坏机理进行试验研究的基础上, 采用ANSYS有限元分析软件模拟其破坏形态。在分析过程中考虑水平钢筋的配筋率、混凝土强度、轴压比以及型钢配筋率等影响因素的作用。结果表明: 水平钢筋体积配筋率、混凝土强度以及型钢配筋率可以明显改变构件的承载力和延性。

关键词: 型钢短肢剪力墙; 配筋率; 承载力

中图分类号: TU375

文献标志码: A

文章编号: 1674-4764(2012)S1-0127-03

Influence Factors Study of Bearing Capacity of T Shaped RC Steel Reinforced Concrete Short-pier Shell Wall

Li Xiaoli, Chang Hu, Xie Linan

(School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: In order to ensure that the T shaped steel reinforced concrete short-pier shear wall ductile shear failure occurs, the failure mechanism on the basis of experimental research, using ANSYS finite element analysis software to simulate the failure mode. In the process of analysis considered the influence factors of horizontal steel reinforcement ratio, concrete strength, axial compression ratio and the content of steel. The results show: the level of reinforced volume reinforcement ratio, concrete strength and the content of steel can obviously change the the bearing capacity and ductility of components.

Key words: SRC short-limbed shear wall; reinforcement ratio; bearing capacity

短肢剪力墙是指截面厚度不大于300 mm、各肢截面高度与厚度之比的最大值大于4但不大于8的剪力墙^[1]。T形型钢混凝土短肢剪力墙,是在普通T形短肢剪力墙的腹板端部配置型钢而形成的一种新型构件^[2]。其破坏形态有别于普通T形短肢剪力墙,破坏部位不是发生在试件边缘,而是发生在腹板内部。为了确保混凝土构件不出现由于剪切破坏而导致刚度和强度突然退化,必须使构件的剪切强度大于其弯曲强度^[3]。研究发现:在T形型钢混凝土短肢剪力墙抗剪承载力中,未开裂混凝土、箍筋及型钢承担了大部分剪力,骨料咬合力及纵筋销栓力所占比例小,并且在后期随着裂缝的加宽、混凝土保护层撕裂而减弱、消失。为了提高型钢混凝土短肢剪力墙斜截面受剪承载力,本文通过分析该类构件斜截面受剪破坏的过程,考察了水平钢筋体积配筋率、混凝土强度、轴压比以及型钢配筋率等因素对构件斜截面受剪承载力的影响。

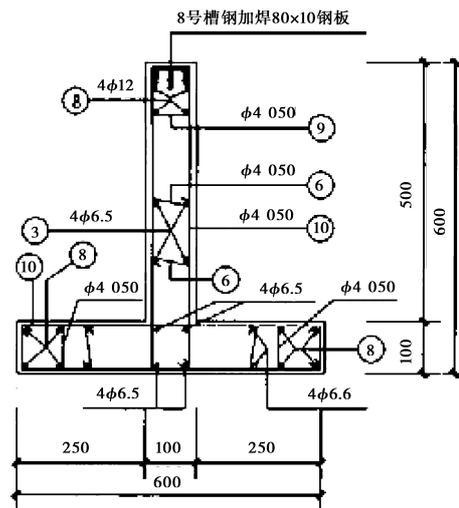


图1 构件配筋

1 构件设计

根据课题组以往的试验^[4],采用构件截面如图1所示,试件截面高度与宽度比为6,截面厚度100 mm,高度为

600 mm,其中8号槽钢加焊80 mm×10 mm钢板的高度为地基梁底到试件高度420 mm的范围,箍筋采用 $\phi 4 @ 50$,在

收稿日期:2012-01-21

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(07JK286)

作者简介:李晓莉(1972-),女,副教授,硕士生导师,主要从事结构抗震方面的研究,(E-mail)lixiaoli1998@yahoo.com.cn。

畅虎(1986-),男,硕士研究生,主要从事钢与混凝土组合结构、混凝土结构等抗震研究方面的研究,(E-mail)cbalackh@126.com。

构件端部加暗柱箍筋。试件采用 C40 商品细石混凝土浇筑, 实测抗压强度 $f_c = 36.9 \text{ N/mm}^2$, 配筋率为 2.53%, 剪跨比为 2.5, 轴压比为 0.417。

T 形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面设计有别于普通 T 形钢筋混凝土偏心受压构件。试验表明, T 形型钢混凝土短肢剪力墙的剪切破坏不同于一般构件剪切破坏时突然失效的特征, 其破坏有一个较长的过程, 承载力下降平缓, 是一种特殊形式的剪切破坏。这种剪切破坏具有明显的延性, 是以箍筋屈服, 混凝土逐渐脱落, 最后箍筋断裂为主要特征。

2 斜截面破坏过程分析

依据上述构件建立有限元模型见图 2, 混凝土单元采用三维八节点空间实体单元, 钢筋采用双线性随动强化模拟, 采用单向位移加载方式。在模型的上部设置水平的弹簧单元, 弹簧一端连接在加载端头上, 另一端固定, 刚度约为试件的弹性侧移刚度。弹簧的刚度以试件的弹性刚度为基础, 根据计算情况进行调整使整个计算模型不出现负刚度。

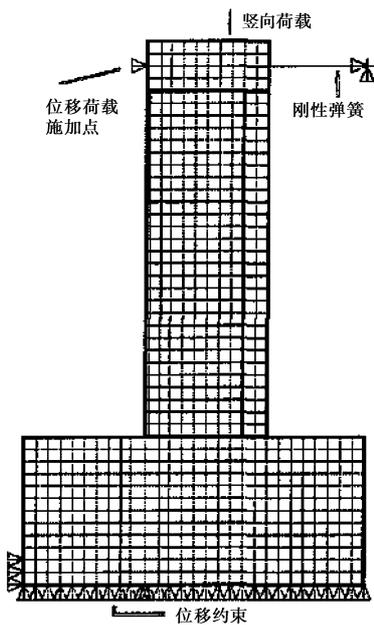


图 2 有限元模型

T 形型钢混凝土短肢剪力墙的破坏受荷载方向影响较大, 对其破坏过程分两个方向进行分析。由于纵筋、箍筋以及型钢的屈服应变不同, 根据应力判断材料是否屈服。

由表 1 可知, 沿腹板受拉方向加载时 T 形型钢混凝土短肢剪力墙破坏的原因是大量箍筋屈服造成试件非线性剪切变形逐渐增大。由于钢筋屈服后有较大的变形能力, 并且型钢的存在使混凝土不是被压碎而是逐渐脱落而破坏的, 使构件的延性也得到了大幅的提高。

沿腹板受压方向加载时, 纵筋和箍筋的屈服与试验结果基本一致。由表 1 中对比结果可以看出, 模拟计算所选取的有限元模型是合理的。说明型钢承担了斜截面的剪力, 构件发生了延性破坏。

表 1 不同位移下腹板钢筋的最大应力

	位移 /mm	腹板下部 纵筋应力 /MPa	腹板箍筋 应力 /MPa
沿腹板受 拉方向	3.4	134.6	64.8
	10.2	307.3	529.6
沿腹板受压方向	4.1	75.9	221.8
	9.3	343.8	530.8
	60.0	396.1	530.8
试验屈服应力		350.0	530.0

3 斜截面承载力的影响因素分析

3.1 水平钢筋配筋率的影响

根据试验和有限元计算, 构件采用沿腹板受压方向加载(正向)和沿腹板受拉方向加载(负向)计算分析, 荷载-位移曲线如图 3 所示。其中图 3(a)是水平钢筋体积配筋率(ρ_{sv})为 0.5% 时的骨架曲线, 图 3(b)是 ρ_{sv} 分别为 0.1% 和 1% 时的骨架曲线。

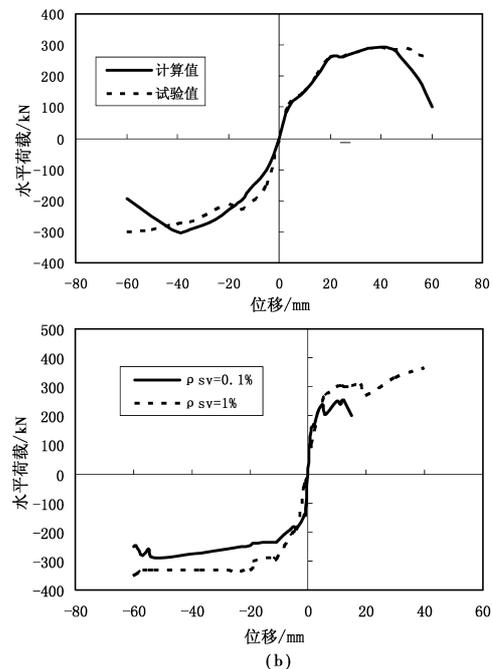


图 3 荷载-位移曲线

1) 图 3(a) 所示的荷载-位移曲线表明, 有限元计算所得的骨架曲线与试验所得的骨架曲线基本一致, 可以得到近乎相同的破坏过程, 计算结果与试验结果相符合。同时可以看出, 型钢混凝土短肢剪力墙达到极限承载力以后, 承载力的衰减比较缓慢, 说明型钢的存在大大提高了构件的承载力, 改善了构件的延性性能。

2) 保持其他因素都不变, 改变水平钢筋体积配筋率, 得到图 3(b) 所示的荷载-位移曲线, 可以发现: 当 ρ_{sv} 为 0.1% 时, 采用正向加载时, 构件的屈服平台很小, 而且达到屈服后, 承载力下降突然; 当 ρ_{sv} 为 1% 时, 正向加载时, 极限承载力为 369.8 kN; 负向加载时, 极限承载力为 339.8 kN, 对比

试验结果,承载力分别提高了 22.3%和 18.4%。

分析图 3(b)中的骨架曲线,对比分析可以得出:

1)降低水平钢筋体积配筋率时,沿 T 形型钢混凝土短肢剪力墙腹板受压方向加载,构件延性差、承载力低,需要配置足够多的水平钢筋;沿腹板受拉方向加载时,水平钢筋的作用不明显。

2)增加水平钢筋体积配筋率时,采用两个方向加载,构件的承载力都有增加,增加幅度大致相同。通过增加水平钢筋使 T 形型钢混凝土短肢剪力墙向承载力和延性更好的大偏心破坏转变。

3.2 混凝土强度的影响

保持其他因素不变的条件下,研究混凝土强度对 T 形型钢混凝土短肢剪力墙的影响。改变构件的混凝土强度和剪跨比(λ),分析构件在沿腹板受压方向的极限承载力,计算结果见图 4。

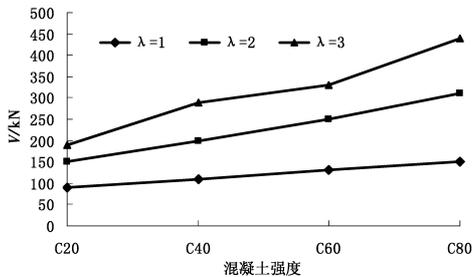


图 4 混凝土强度与承载力的关系

由图 4 可以看出,不同剪跨比的构件,混凝土强度与极限承载力大致成正比例关系,构件发生斜截面破坏最终由混凝土的破坏控制^[5],斜截面抗剪承载力随着混凝土强度等级的提高而提高。

3.3 轴压比的影响

分析轴压比(n)对构件斜截面承载力的影响,试验研究表明,轴压比可以降低混凝土和纵筋的主拉应力,推迟垂直裂缝的出现,并使裂缝宽度减小,受压区高度增大,斜裂缝倾角变小而水平投影长度基本不变。图 5 为不同轴压比下构件斜截面极限承载力的变化曲线。

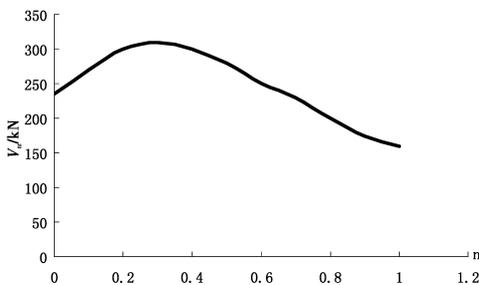


图 5 轴压比与承载力的关系

如图 5 所示,在轴压比较小时,构件的受剪承载力随着轴压比的提高而提高。当轴压比小于 0.3 时,构件为剪压破坏;轴压比大于 0.3 时,构件为小偏心受压破坏。轴压比太高时,轴力将会削弱型钢的抗剪强度^[6],由于 T 形型钢混凝土短肢剪力墙主要应用于小高层住宅,当构件的轴压比较高时,考虑轴压力将可能高估其抗剪承载力。因此,进行 T 形型钢混凝土短肢剪力墙的抗剪承载力计算时,应该忽略轴压比对构件斜截面承载力的影响。

3.4 型钢配钢率的影响

为了研究腹板端部型钢配钢率(ρ_s)对 T 形型钢短肢剪力墙斜截面承载力的影响,在其他条件不变的情况下,改变构件的腹板端部型钢配钢率,沿腹板受压方向加载,分析构件的斜截面承载力,计算结果见图 6。

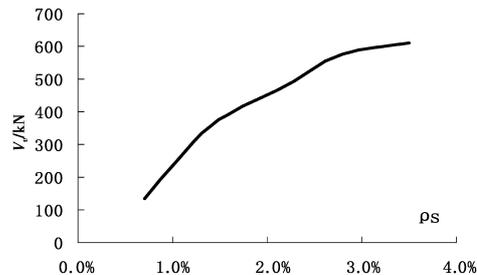


图 6 型钢配钢率与承载力的关系

根据型钢能有效增大剪力墙的抗剪承载力^[7],试验研究表明,在腹板端部配置型钢可以明显约束剪切裂缝的发展,而且型钢的抗剪刚度在开裂后比纵筋下降慢,对抗剪的贡献比钢筋的销栓作用强,对抗剪更有利。图 6 表明,腹板端部型钢配钢率与斜截面承载力基本呈线性关系。随着腹板型钢配钢率的增大,构件的斜截面承载力随之增大。

4 结论

通过非线性有限元分析,模拟 T 形截面型钢短肢剪力墙的破坏形态,根据破坏特征分析了影响构件斜截面承载力的各个因素。结果表明:

1)沿腹板受压方向受力时,水平钢筋体积配筋率对 T 形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面承载力的作用显著,配置足够多的水平钢筋,提高构件的斜截面承载力;沿腹板受拉方向受力时,水平钢筋的作用不明显,型钢主要承担了构件大部分的斜截面承载力。

2)T 形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面承载力随着混凝土强度等级的提高而提高。

3)轴压比对 T 形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面承载力的影响不明显。

4)进行 T 形型钢混凝土短肢剪力墙斜截面承载力计算时,随着腹板型钢配钢率的增大,构件的斜截面承载力随之增大。

参考文献:

- [1] JGJ3-2010. 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] Hyo-Gyoung Kwak, Do-Yeon Kim. Nonlinear analysis of RC shear walls considering tension-stiffening effect[J]. Computers & Structures, 2001, 79(5): 499-517.
- [3] T·鲍雷, M. J. N. 普里斯特利. 钢筋混凝土和砌体结构的抗震设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [4] 吴敏哲, 杨玉东, 郭棣. T 形型钢短肢剪力墙低周反复荷载试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版, 2009, 41(4): 461-466.
- [5] GB50010-2010. 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [6] 张素芳. SRC 框架短柱在低周反复荷载作用下的延性[J]. 西南交通大学学报, 1990(2): 112-118.
- [7] 乔彦明, 钱稼茹, 方鄂华. 钢管混凝土剪力墙抗剪性能的试验研究[J]. 建筑结构, 1995(8): 3-7.