

文章编号:1671-6833(2003)02-0037-04

短肢剪力墙内力分布规律的研究

宫广娟¹, 刘立新¹, 崔广龙², 李美云¹

(郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 国家广电总局设计院, 北京 100045)

摘 要: 基于两组共六个短肢剪力墙(SLW) 试件在低周反复荷载作用下的试验研究, 利用非线性分析对上述试验墙体进行数值分析. 各个试件的应变分布规律表明: 单片墙肢的应变分布基本符合平截面假定, 且 T 型截面试件的受力性能明显优于一字型截面试件; 试件屈服时的内力计算表明左右墙肢的内力不相等. 不同试件各项内力计算的对比, 为该类型结构设计方法的改进积累数据.

关键词: 短肢剪力墙; 低周反复试验; 非线性有限元

中图分类号: TU 317.1; TU 375

文献标识码: A

0 引言

短肢剪力墙是指墙肢的长度为其厚度的 5~8 倍的剪力墙^[1,2], 其受力性能介于异形框架柱和一般剪力墙之间. 目前短肢剪力墙结构体系已逐渐广泛应用于我国多层、小高层住宅之中. 将传统的剪力墙方案改为短肢墙结构, 能合理地减少墙体用量, 对于结构上需要的长肢墙, 也可采用开洞使之成为短肢墙, 然后再用轻质墙体材料作为填充. 同时这种结构具有柱梁嵌入墙体、墙体替代柱梁承重、开间内不留死角, 摆放家具方便灵活等特点. 这种新型结构体系不仅能建筑取得较好的经济效益和功能效果, 而且有利于实现节能指标^[3]. 但现行的混凝土结构设计规范^[4] 和高层建筑结构设计规范都没有关于短肢墙设计的具体条文, 理论落后于应用实践, 阻碍了这种新型结构体系的健康发展. 本文通过短肢剪力墙在低周反复作用下的试验研究及非线性分析, 揭示短肢墙的应变和内力分布规律, 为在工程实践中进行短肢剪力墙的设计提供了依据.

1 试验方案

试件采用 1:2 的单层短肢墙模型, 共 6 个, 分为无翼墙和有翼墙两组. 第一组试件无翼墙, 截面为一字型, 试件编号为 S 1、S 2 和 S 3; 第二组试件有翼墙, 截面为 T 型, 编号为 FS 1、FS 2 和 FS 3. 试件

详细尺寸见图 1. 混凝土设计强度 C 25 级, 纵向钢筋和箍筋全部采用 HRB 400 钢筋, 连梁纵筋 10, 墙肢纵筋 8, 箍筋全部为 6, 所有钢筋均为月牙纹变形钢筋. 为了模拟实际情况, 所有试件均按 0.3 的轴压比控制竖向荷载, 并在墙顶由分配梁实现均布荷载方式加载.

2 非线性有限元分析

图 2 是在非线性有限元分析中建立的无翼墙试件和有翼墙试件的数值分析模型. 第一组无翼墙试件模型采用二维实体平面非线性静力单元, 类型为四结点等参单元; 第二组有翼墙试件模型采用三维实体非线性静力单元, 类型为 8 结点等参单元. 约束条件及受荷条件与试验相同. 由于本文非线性分析的最终目的是研究结构的内力分布规律, 更偏向于结构宏观反应的把握, 如试件的总体位移和应力分布规律等, 所以本文采用整体式有限元模型^[5]. 本文以弹塑性应变硬化本构关系模型为基础, 借鉴“复合体平均弹性模量”的处理方法, 将混凝土视为“基体”, 将钢筋视为“夹杂”, 按体积平均率将钢筋和混凝土的本构关系组合在一起, 并在校正验算中对参数进行局部调整, 作为本文数值分析的数学模型. 当以各组试件中的一个作为校准依据对模型进行调整后, 试算结果表明: 对其它几个试件, 数值分析结果在总体位移、应变分布等方面与实测结果基本吻合, 由此验证

收稿日期: 2003-01-22; 修订日期: 2003-03-30

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(994044100)

作者简介: 宫广娟(1977-), 女, 辽宁省凌源市人, 郑州大学硕士研究生.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

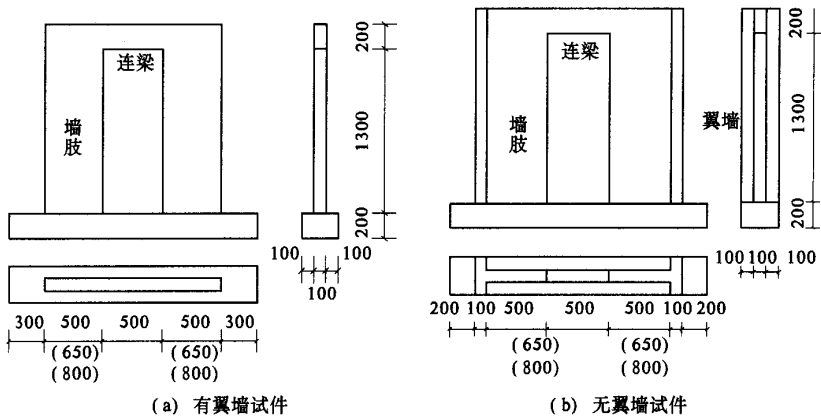


图 1 短肢剪力墙试件设计图
Fig.1 SLW specimens

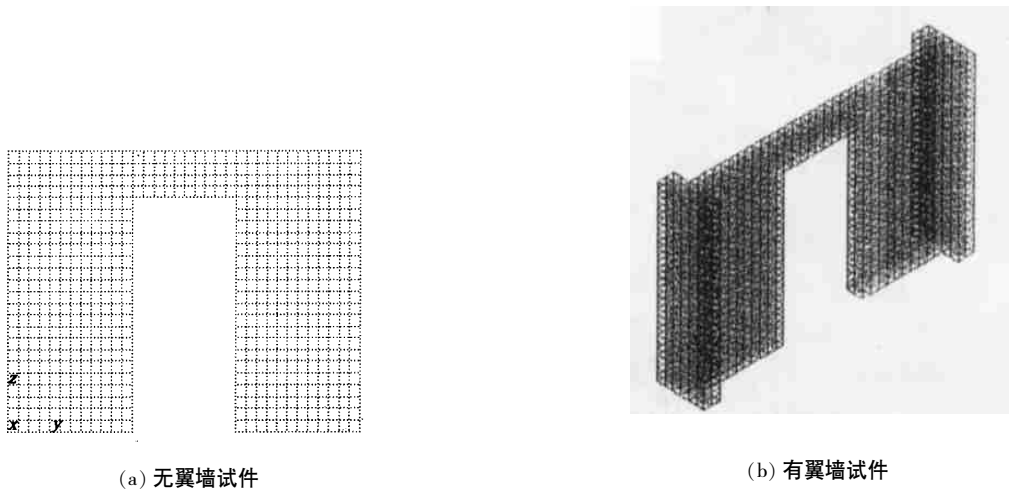


图 2 短肢剪力墙非线性分析模型
Fig.2 SLW model in finite element analysis

了模型的适用性,实现了分析结构内力的基本目标.

2.1 应变分布规律

图 3 为S1,FS1 在首屈服荷载下的竖向应变图.图 4 为与无翼墙试件,有翼墙试件对应的左墙

肢底部截面应变图(仅列出S3,FS3 的应变图).针对目前结构工程承载力极限状态设计方法的思想,取短肢剪力墙结构相应于首屈服荷载下的内力分布作为研究对象更具有工程实际意义.

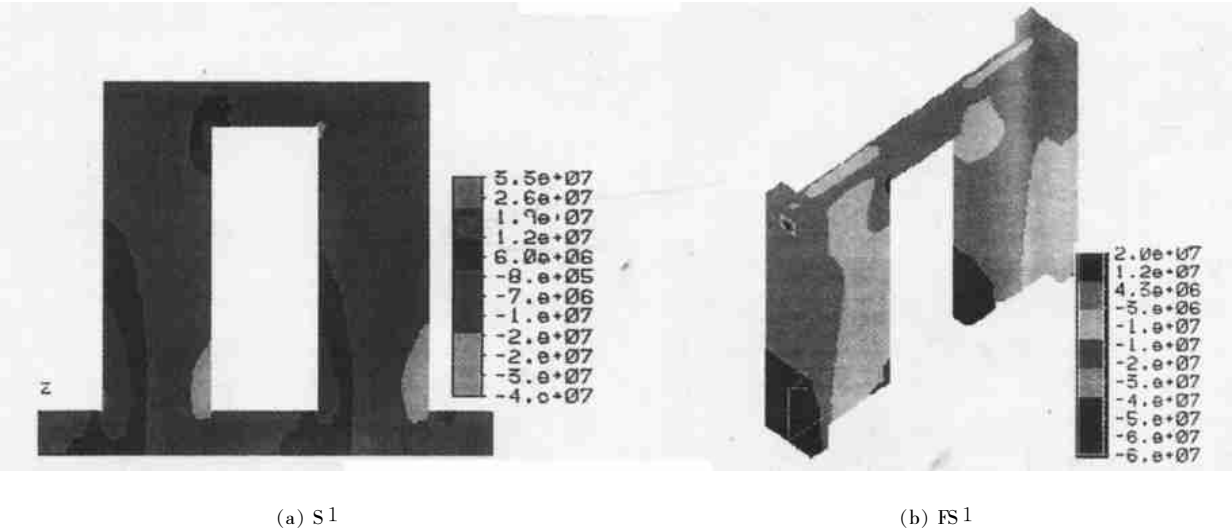


图 3 SLW 在首屈服荷载下的竖向应力分布

Fig.3 SLW's vertical stress distribution in the yield stage

从各应变图及表 1 中的轴向内力计算可以知道:

(1) 两种截面形式的短肢剪力墙结构, 墙肢底部截面的纵向应变分布近似满足平截面假定, 这一结论使我们知道短肢墙按小开口剪力墙计算的理论模型是不合理的.

(2) 第一组无翼墙试件受拉区和受压区界限较为明显, 且受拉区范围较大, 而第二组有翼墙试件左侧截面上受拉区范围较小, 且墙肢越长受拉

区范围越小, 究其原因可以从后面的内力计算中看到: 有翼墙试件当承受水平荷载时翼墙承担了大部分拉力, 而墙肢主要承担压力, 由此我们可以认为翼墙在某种程度上相当于墙肢截面延长了相当于数倍翼墙厚度的尺寸, 这种受力特征无疑会提高短肢墙的抗震可靠性. 同时对于有翼墙试件, 随着肢厚比的增大, 近载翼墙从整体受拉逐渐向整体受压转变, 显示了翼墙的重要作用. 这一结论支持了设计规范中限制一字型截面墙体的规定.

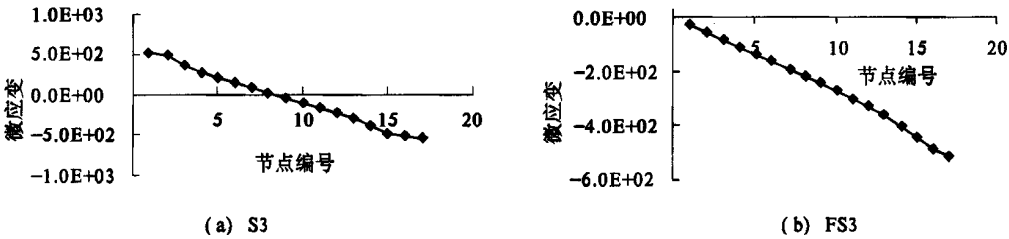


图 4 SLW 左墙肢轴向应变分布
Fig. 4 SLW's left limb's vertical stress distribution in the yield stage

3 内力分布规律

对于整个墙体竖向施加恒定的均布荷载, 左侧顶截面施加按比例增加的水平荷载. $F_l, F_r, V_l, V_r, M_l, M_r$ 分别为左墙肢、右墙肢底部截面的轴力、剪力和局部弯矩; $(F_r - F_l)c$ 为整体弯矩, 其中 c 为墙肢组合截面形心距中心轴 $O-O'$ 的距离; $M_H = FH_1$ 为倾覆力矩. 图 5 为计算内力时的简图. 计算求得的内力和已知的外力利用平衡条件校核, 误差基本在 5% 以内, 表明计算模型合理.

平衡条件: $\sum x = 0, V_l + V_r = F;$
 $\sum y = 0, F_l + F_r = qL;$
 $\sum M = 0, M_l + M_r + (F_r - F_l)c = FH_1.$

式中: d 为厚度.

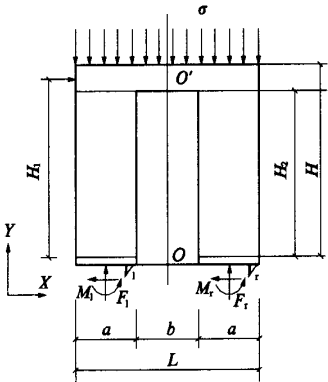


图 5 短肢墙结构内力计算简图

Fig. 5 The internal force caculate diagram of SLW

在结构设计^[9]中, 最根本的原则之一是“最不利原则”, 即按结构受力的最不利情况进行截面设计, 即可保证结构在所有情况的可靠度. 借鉴这一思想, 本文称双肢短肢剪力墙试件承担荷载较大的墙肢为“主墙肢”, 简称“主肢”, 另一墙肢为“次墙肢”, 简称“次肢”. 同时用主肢负载率来表示主墙肢承担荷载的比例大小. 实际结构中只要按主墙肢的内力水平进行截面设计, 就可以保障结构的安全, 因此以下将只讨论主墙肢的内力分布规律.

表 1 为 6 个模型主墙肢的轴力、剪力和弯矩负载率的数值分析结果和试验结果. 图 6 为各个墙肢局部弯矩和整体弯矩的计算结果. 同时为了更准确地把握短肢剪力墙结构体系的内力分布规律, 还演算了介于试验试件肢厚比之间的 8 个附加试件.

通过试验研究和非线性有限元分析可以发现内力分布有如下规律:

(1) 无论有无翼墙, 等肢短肢剪力墙的左右墙肢的内力 (轴力、剪力、弯矩) 不相等, 即内力分布不是按照刚度的原则^{7,8]}进行分配的. 对于有翼墙试件试验和非线性分析均表明近载墙肢 (本文左肢) 承担的内力小于远载墙肢 (右肢) 的内力, 对于无翼墙试件试验结果表明其内力分布规律与有翼墙试件内力分布规律相同.

(2) 在短肢墙结构承担的总弯矩中, 无论有无翼墙, 局部弯矩所占的比例较大, 而整体弯矩所

占的比例较小,并且从图 6 中可知,随着肢厚比所占的比例逐渐增大.增加,整体弯矩所占的比例逐渐减小,而局部弯矩

表 1 短肢剪力墙各项内力主肢负载率的比较
Tab.1 The compare of SLW's internal force

试件编号	左肢轴 力/kN	左翼墙轴 力/kN	右肢轴 力/kN	右翼墙轴 力/kN	主肢轴力负载率/%		主肢剪力负载率/%		主肢弯矩负载率/%	
					有限元	试验值	有限元	试验值	有限元	试验值
S 1	-145	0	-357	0	71.1	85.0	51.0	67.7	35.8	26.4
S 2	-281	0	-407	0	59.1	59.9	53.4	55.6	40.0	39.7
S 3	-75	0	-139	0	64.9	54.4	54.8	58.5	45.7	49.3
FS 1	-298	77	-25	-270	53.4	69.9	63.7	74.5	45.0	37.6
FS 2	-411	83	-100	-268	52.9	70.7	60.9	68.3	54.0	34.4
FS 3	-451	-1	-257	-201	50.3	59.5	66.3	54.9	67.0	42.4

说明:主肢轴力负载率= $\max(F_1, F_r) / (F_1 + F_r)$; 主肢剪力负载率= $\max(V_1, V_r) / (V_1 + V_r)$; 主肢弯矩负载率= $\max(M_1, M_r) / (M_1 + M_r)$.

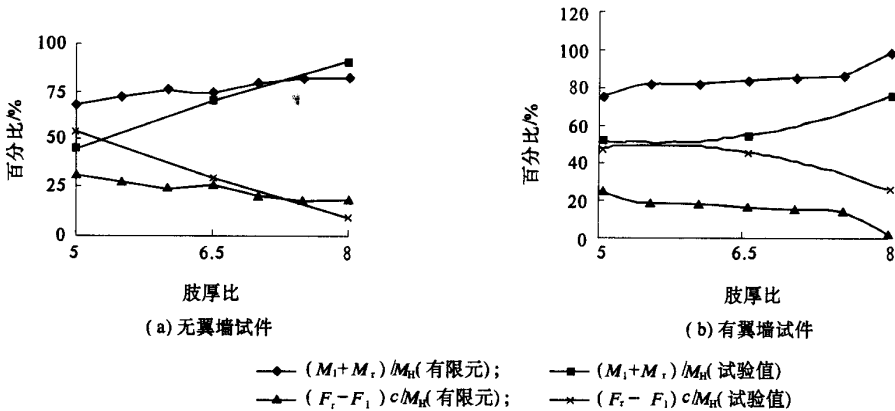


图 6 无翼墙试件整体弯矩与局部弯矩的比较

Fig.6 The compare between part and whole bend moment of rectangle -section SLW

4 结论

- (1) 短肢剪力墙左右墙肢的应变分布近似满足平截面假定;
- (2) 从短肢剪力墙墙肢底部截面应变分布及轴压力计算的规律中发现有翼墙试件受力性能明显优于无翼墙试件;
- (3) 短肢剪力墙左右墙肢的内力(轴力、剪力、弯矩)不相等,且在结构承担的总弯矩中局部弯矩所占的比例远远大于整体弯矩所占的比例,且随着肢厚比的增加,这种趋势更加明显.
- (4) 从短肢剪力墙墙肢内力分布规律的总体趋势及大部分分析结果看,有限元结果与试验结果基本吻合,可以为进一步的短肢剪力墙^[9]内力分析提供依据.

参考文献:

[1] 牛润生,庞在忠.高层住宅短肢抗震墙结构体系设计

初探.吴 竞.第十四届全国高层建筑结构学术交流会议论文集[C].北京:中国建筑工业出版社,1996.
[2] 容柏生.高层住宅建筑中的短肢剪力墙结构体系[J].建筑结构学报,1997,18(6):14~19.
[3] 朱 岳.郑州华林广场结构设计[J].建筑结构,2001,31(6):43~45.
[4] GB 50010-2002,混凝土结构设计规范[S].
[5] 吕西林,金国芳,吴晓涵.钢筋混凝土结构非线性有限元理论与应用[M].上海:同济大学出版社,1997
[6] 江见鲸.混凝土结构工程学[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.172~175.
[7] 朱伯龙.混凝土结构设计原理[M].上海:同济大学出版社,1998.149~154.
[8] 黄子云,袁志华.高层建筑结构设计[M].北京:中国铁道出版社,1998.
[9] 苗 丽,陈家模.剪力墙优化选型初探[J].郑州工业大学学报,2001,22(2):104~106.

(下转第 58 页)

最后,本文从理论上证明了通过构建证券组合,尤其是选取相关系数低或负相关的证券进行组合,或选取频度系数低的证券进行投资,可有效降低频度风险.

参考文献:

[1] 周概容. 概率论与数理统计[M] . 北京: 高等教育出

版社, 1984.
[2] PETER E E. 资本市场的混沌与秩序[M] . 王小东, 译. 北京: 经济科学出版社, 1999.
[3] 同济大学数学教研室. 高等数学(下册)[M] . 北京: 高等教育出版社, 1995.

Research on the Measure and Control of Frequency Risk in Stock Investment

WANG Meng - tao

(School of Securities & Futures , Shanghai University of Finance and Economics , Shanghai 200433)

Abstract : Frequency risk in stock investment describes the alteration degree of unfavorable outcomes in assigned time . It reflects urgent degree of risk negativity . Although the urgent degree of risk negativity has already been noticed in the risk measurement , the measuring and controlling on frequency risk are often limited to the qualitative analysis aspect . It lacks the theoretical support . This paper , according to the inner character of frequency risk of stock investment , using quantitative method , puts forward measuring model and gives evaluating method of frequency risk . Especially it gives two evaluating methods of frequent coefficient . At last , this paper testifies theoretically that portfolio can reduce frequency risk effectively .

Key words : frequency risk in stock investment ; measuring model ; control method

(上接第 40 页)

Study on the Strain and Internal Force Distribution of Short limbed Wall

GONG Guang - Juan¹ , HU Li - xin¹ , CUI Guang - long² , LI Mei - yun¹

(1. College of Civil Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002, China ; 2. Design Institute of the State Administration of Radio , Film and TV , Beijing 100045, China)

Abstract : Horizontal cycling load tests are carried out on six specimens which are RC short - limbed wall (SLW) models of 1/2 scale . The strains distribution and the internal force caculations corresponding to the yield stage of specimens are discussed in detail , with the ratio of specimen ' s length to thickness varying from 5 to 8 . The parameters obtained from the tests and the analysis by nonlinear finite element method , such as the strain and internal force distribution and so on , can be used as the foundation of calculation formula or detail specification in the corresponding structures .

Key words : short limbed wall ; horizontal cyclic loading experiment ; finite element method