

新疆某既有框剪结构黏滞阻尼器减震加固设计*

郑杰, 李爱群, 梁沙河, 袁赵云, 鲁风勇

(东南大学 建筑工程抗震与减振研究中心, 江苏 南京 210096)

摘要:以新疆某12层钢筋混凝土框架剪力墙结构为例,采用消能减震技术进行加固改造,并进行了弹塑性动力时程分析。结果表明:首层剪力明显减小,X、Y方向层间位移均有不同程度的减小,因此,采用黏滞流体阻尼器使得该结构的抗震性能得到提升,满足现有抗震规范的要求。

关键词:黏滞流体阻尼器;框架剪力墙结构;时程分析;消能减震技术

中图分类号:TV352 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0666(2014)02-0268-05

0 引言

2008年“5·12”汶川地震发生后,我国建筑相关规范和标准都做了修订,对既有结构按新规范要求采用适当的抗震性能评估方法,进行全面检测和抗震鉴定,不符合抗震要求的,需进行合理的抗震加固处理(陈婷婷,2012),从而提高现有建筑的使用寿命和安全性能。对混凝土结构常用的加固方法有:粘钢加固、加大截面加固、外包钢加固、钢丝网加固、钢绞线—聚合物砂浆加固和碳纤维加固等(郭健,2004;夏松,2009;卫龙武等,1993;张鑫等,2011),这些加固方法普遍存在施工破损面大、工期长、费用高等问题(徐彤等,2000)。为此,有必要进一步开展结构抗震加固新技术的研究,将隔震和消能减震技术应用用于结构加固改造中,使其具有施工破损面小、工厂化制作、现场安装、节省工期、降低费用等优点,同时能有效提高加固结构的抗震性能,从而为加固改造开辟更为有效的新途径。

黏滞流体阻尼器属于速度相关型的阻尼器(李爱群,2007),能够提供较大的阻尼。在小震下也能耗能,此外,黄镇(2007)认为黏滞流体阻尼器一般不提供附加的刚度,不会改变原结构的自振周期致使地震作用增加。因此,黏滞流体阻尼器是一种有效的减震加固技术,可用于既有建筑的加固改造中。

本文采用黏滞流体阻尼器减震加固技术,对新疆某12层既有框剪剪力墙结构进行罕遇地震下

的时程分析。

1 工程概况

新疆某框架剪力墙结构,地上12层(加上出屋面2层,共14层),地下1层,以抗震缝分割为左、右两部分,本文对右侧部分进行分析。本分析模型不含地下室,从嵌固层开始建模,结构布置如图1所示。梁、板柱、墙均采用C30混凝土,埋件和阻尼器附加构件采用Q345B钢材。抗震设防类别乙类,抗震设防烈度Ⅷ度,基本地震加速度0.2g,设计地震分组第二组,场地类别Ⅱ类,采用黏滞流体阻尼器对结构进行加固,阻尼器分别布置在第4层至第11层,共24套。

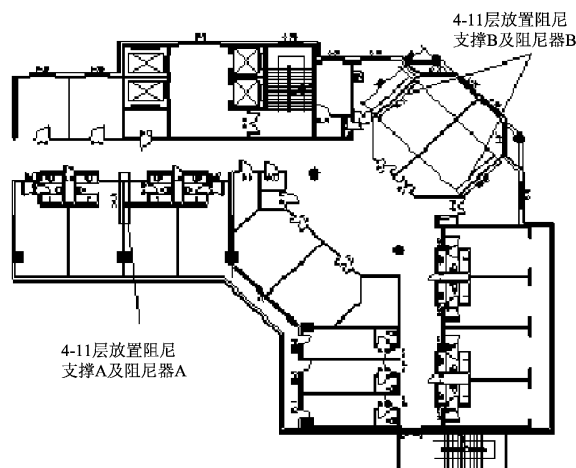


图1 标准层结构平面布置图

Fig. 1 Layout of the standard layer structure

* 收稿日期: 2013-10-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目(51278104)资助.

2 消能减震模型

非线性黏滞流体阻尼器的阻尼力公式为（周云，2006）

$$F = C v^\alpha. \quad (1)$$

式中， C 为阻尼系数， v 为活塞运动速度， α 为速度指数。本结构中采用 A、B 两种黏滞流体阻尼器，阻尼系数分别为 $1.0 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{s/m}$ 、 $1.2 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{s/m}$ ，指数均为 0.3。最大阻尼力均为 600 kN，阻尼器具体放置位置如图 1 所示。模型建立如图 2 所示，右区建筑的 ETABS 模型计算的结构总质量为 15 030 t，弹塑性动力模型计算的结构总质量为 15 817 t。综上，通过对比两个模型各模态周期和质量，可见两个模型的相应数据基本相同，差别很小，故所建立的弹塑性动力模型符合要求。

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）5.1.4 条，“计算罕遇地震时，特征周期应增加 0.05”，因此实际特征周期为 0.45 s。根据此条原则选择天然波 1（TH1TG045）、天然波 2（TH2TG045）、人工波（RH1TG045），地震波如图 3 所示。弹塑性动力时程分析计算的时间步长取为 0.02 s，计算时间对两条天然波取为 20 s，对人工波取为 15 s，满足规范要求。

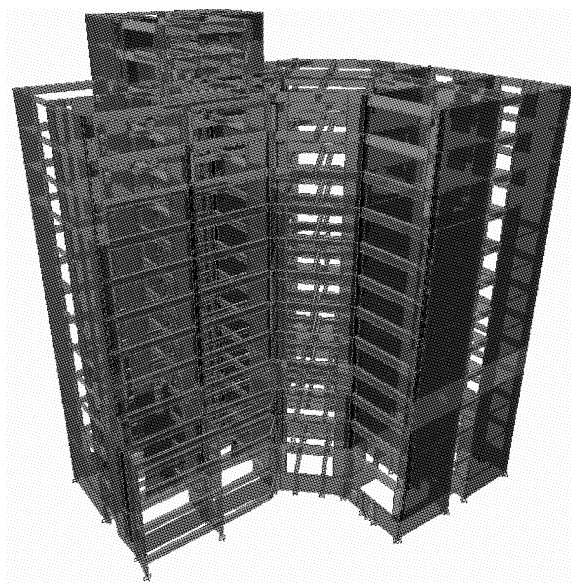


图 2 结构分析模型

Fig. 2 Structure analysis model

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）表 5.1.2-2，确定地震波的峰值加速度。主方向、次方向最大加速度取为 1: 0.85。地震波峰值加速度取主方向 400 cm/s^2 、次方向 340 cm/s^2 。

3 分析结果

3.1 剪力时程图

由图 4 可知，加设黏滞阻尼器后，首层剪力均有不同程度的减小。在人工波作用下， X 和 Y 方向的减震效果相差不多；天然波 1 作用下， X 向的减震效果好于 Y 方向；天然波 2 作用下， Y 向的减震效果好于 X 方向。总体上， X 和 Y 两个方向的减震效果相差不多，说明阻尼器布置合理。

3.2 最大层间位移角

如图 5 所示， X 向人工波作用下，结构在进行

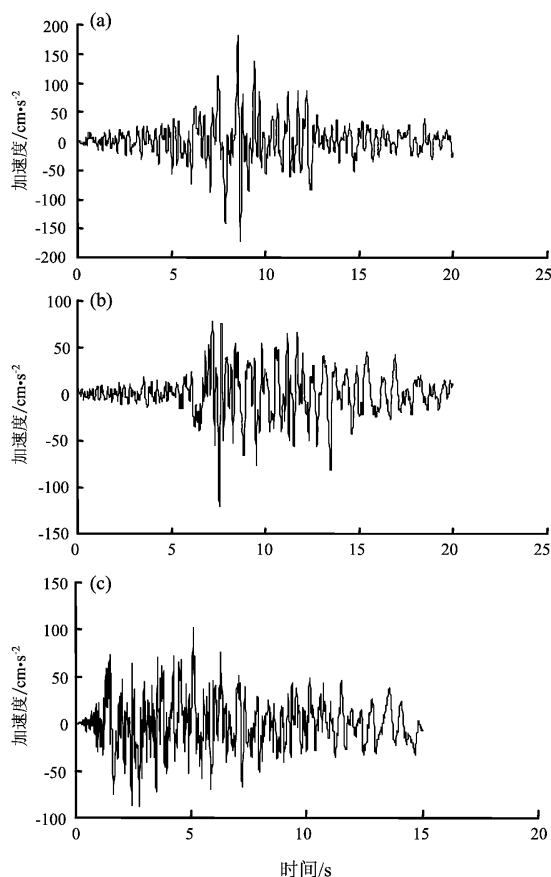


图 3 天然波 1（a）、天然波 2（b）和人工波（c）波形示意图

Fig. 3 Schematic diagram of natural wave 1 (TH1TG045) (a), natural wave 2 (TH2TG045) (b) and artificial wave (RH1TG045) (c)

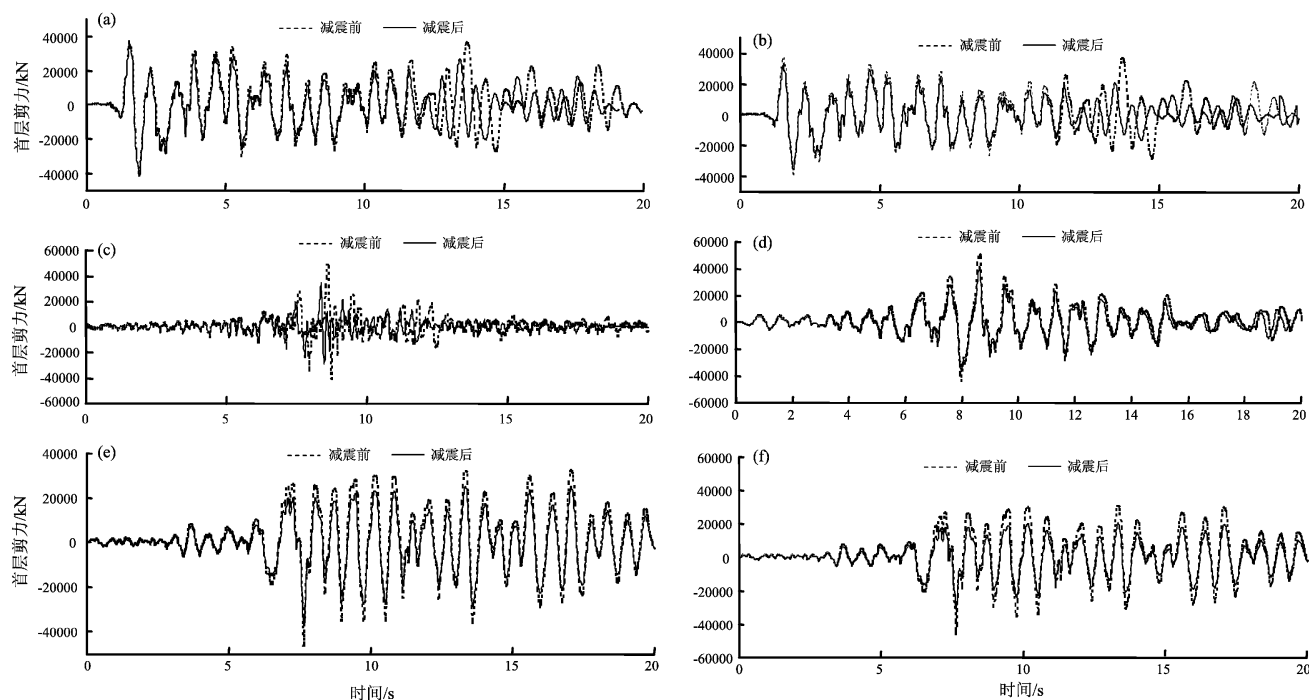


图4 X向人工波(a)、Y向人工波(b)、X向天然波1(c)、Y向天然波1(d)、
X向天然波2(e)以及Y向天然波2(f)作用下首层剪力时程

Fig. 6 Time-history graph of shear force in the first layer under the artificial wave in X direction (a), the artificial wave in Y direction (b), the natural wave 1 in X direction (c), the natural wave 1 in Y direction (d), the natural wave 2 in X direction (e) and the natural wave 2 in Y direction

减震前后层间位移角在各楼层的减震率最小约为3.26%，最大可达13%（图5a）；X向天然波1作用下，结构在进行减震前后层间位移角在各楼层的减震率最小约为2.7%，最大可达13.28%（图5b）；X向天然波2作用下，结构在进行减震前后层间位移角在各楼层的减震率最小约为8.08%，最大可达12.49%（图5c）；Y向人工波作用下，结构在进行减震前后层间位移角各楼层的减震率最小约为6.24%，最大可达14.09%（图5d）；Y向天然波1作用下，结构在进行减震前后层间位移角在各楼层的减震率最小约为7.5%，最大可达29.45%（图5e）；Y向天然波2作用下，结构在进行减震前后层间位移角在各楼层的减震率最小约为5.66%，最大可达15.85%（图5f）。

3.3 等效阻尼比计算

非线性黏滞流体阻尼器提供给结构的各振型有效阻尼比为

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{\sum \lambda_j c_j \varphi_{ij}^{1+\alpha}}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \varphi_i^2} \quad (2)$$

式中， φ_{ij} 为第*j*个消能阻尼器两端的第1振型相对水平位移差； φ_i 为第一振型第*i*个自由度的位移； m_i 为第*i*层集中质量； A 为第一振型顶层最大位移； α 为幂指数； c_j 为第*j*个非线性黏滞流体阻尼器的阻尼系数； λ 为系数， $\lambda = \frac{\Gamma^2 (1 + \frac{\alpha}{2})}{\Gamma (2 + \alpha)}$ ； Γ 为伽马函数。

因在X、Y向设置阻尼器，所以X、Y向等效阻尼比计算结果分别为2.32%、3.65%，综合考虑取X向附加阻尼比为2.3%，Y向附加阻尼比为3.5%，计算采用的总阻尼比可取为8%。

4 结论

本框架剪力墙结构采用了黏滞流体阻尼器消能减震技术进行加固，并对结构在Ⅷ度（0.2g）罕遇地震荷载作用下减震前和减震后的工作性能分别进行了计算分析，首层剪力减小，且X方向层间位移的平均减震率最小为4.68%，最大为

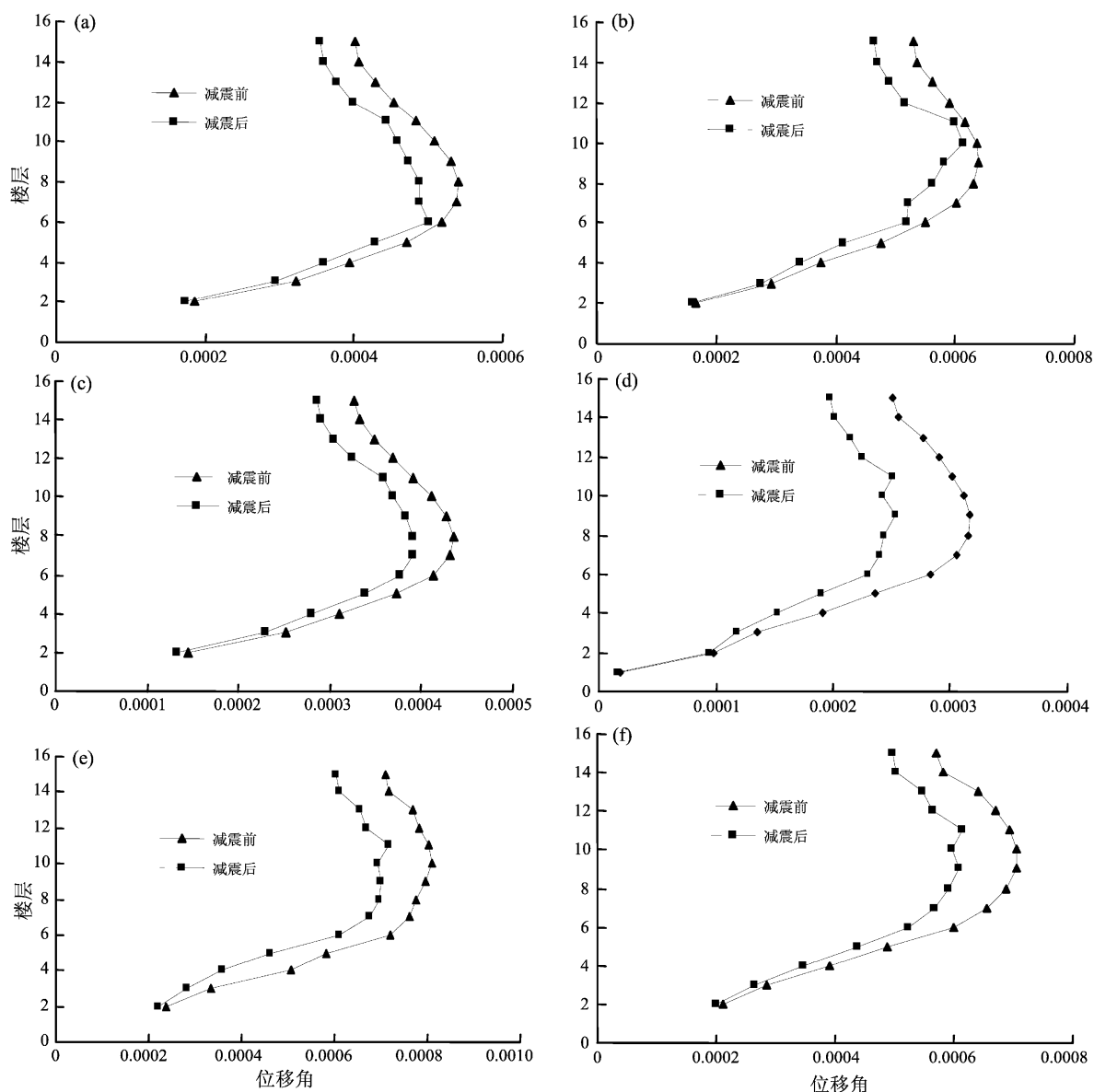


图5 X向人工波(a)、X向天然波1(b)、X向天然波2(c)、Y向人工波(d)、Y向天然波1(e)以及Y向天然波2(f)作用下层间位移角

Fig. 5 The biggest displacement angle between the layers under the artificial wave in X direction (a), the natural wave 1 in X direction (b), the natural wave 2 in X direction (c), the artificial wave in Y direction (d), the natural wave 1 in Y direction (e) and the natural wave 2 in Y direction (f)

12.92%; Y方向层间位移的平均减震率最小为6.47%, 最大为19.8%。采用黏滞流体阻尼器使得该结构的抗震性能得到提升, 满足现有抗震规范的要求。通过本工程的加固设计和实施, 证实了黏滞流体阻尼器能够用于高烈度区建筑结构的加固改造项目, 且效果良好。

参考文献:

陈婷婷. 2012. 现有建筑结构抗震鉴定及加固设计研究[D]. 北京:

北京工业大学, 1-4.

郭健. 2004. 钢筋混凝土结构加固改造方法的研究及工程应用[D]. 长沙: 湖南大学, 7-17.

黄镇. 2007. 非线性黏滞阻尼器理论与试验研究[D]. 福建: 东南大学, 5-7.

李爱群. 2007. 工程结构减振控制[M]. 北京: 机械工业出版社.

卫龙武, 吕志涛, 郭彤. 1993. 建筑物评估、加固与改造[M]. 南京: 江苏科学技术出版社.

夏松. 2009. 钢筋混凝土结构可靠性鉴定及加固方法的研究和应用[D]. 安徽: 合肥工业大学, 22-29.

徐彤,周云,李良. 2000. 结构减震控制技术在抗震加固改造中的应用[J]. 建筑结构,30(10):63-66.

张鑫,李安起,赵考重. 2011. 建筑结构鉴定与加固改造技术的进展[J]. 工程力学,28(1):1-11.

周云. 2006. 黏滞阻尼减震结构设计[M]. 武汉:武汉理工大学出版社.

GB 50011—2010,建筑抗震设计规范[S].

Seismic Retrofit Design of a Frame-shear Wall Structure by Using Viscous Field Damper in Xinjiang

ZHENG Jie, LI Ai-qun, LIANG Sha-he, QIU Zhao-yun, LU Feng-yong

(Research Center of Earthquake Resistance and Reduction, Southeast University, Nanjing 210096, Jiangsu, China)

Abstract

A twelve layers reinforced concrete frame-shear wall structure in Xinjiang is taken as an example. The building is reinforced and reconstruction by use of vibration energy dissipation technology and its dynamic time history analysis is conducted. The results show that shear force in the first layer decreases, and the damping rates of layer displacement in X and Y directions decrease in different degree. Therefore the seismic performance of the structure is improved by using viscous fluid dampers, which could meet the requirements of the current seismic code.

Key words: viscous fluid damper; frame-shear wall structure; time-history analysis; vibration energy dissipation technology