

文章编号:1673-9469(2009)01-0034-03

粘弹性阻尼器对框架结构地震响应的影响分析

王振兴,韩亚强

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:在框架结构中设置粘弹性阻尼器,可以增大结构的阻尼,抑制结构的振动,从而达到减震目的。本文根据粘弹性阻尼器的工作原理,利用 ETABS 有限元软件分析了粘弹性阻尼器布置方式不同的钢筋混凝土框架结构的地震响应,得到了不同布置方式的粘弹性阻尼器对框架结构减震效果的影响,并确定了合理的布置方式。

关键词:ETABS;框架;粘弹性阻尼器;地震响应;布置方式

中图分类号:TU352

文献标识码:A

The damping effect analysis of frame structure with viscoelastic damper

WANG Zhen-xing, HAN Ya-qiang

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract:The structure damping can be increased and vibration of structure can be suppressed by setting up viscoelastic damper in the frame structure so as to shock absorption. Based on the viscoelastic damper working principle, earthquake response of reinforced concrete frame structure with viscoelastic damper, which was installed in different mode, was analyzed in this paper by use of ETABS finite element software. As a result, we obtained the damping effect of frame structure with viscoelastic damper and established the reasonable arrangement mode.

Key words:ETABS; frame; viscoelastic damper; earthquake response; arrangement mode

在结构的适当部位设置阻尼器可以增大结构的阻尼,抑制结构的振动,这是当前抗震减灾的重要技术之一,国内外已有很多工程应用实例^[1]。粘弹性阻尼器具有计算模型易于确定,耗能能力强,施工方便等优点,因而受到越来越多的青睐^[2]。然而,粘弹性阻尼器的布置方式对结构的减震效果影响非常大^[3]。为了最大限度的发挥阻尼器的减震作用,不仅要考虑沿竖向各层阻尼器的分布问题,还要考虑水平向各层阻尼器的设置方位问题^[4]。本文运用 ETABS 软件对设有粘弹性阻尼器的空间动力模型进行了计算分析,通过比较计算,得到了合理的阻尼器空间设置方案。

1 计算模型

在粘弹性力学中,由理想弹性元件和理想粘

性元件两种基本元件串联或并联可以得到四种基本计算模型: Kelvin(开尔文)模型, Maxwell(麦克斯韦)模型, 标准线性固体模型(三参量固体模型), Burgers(伯格斯)模型。ETABS 软件采用的是 Maxwell 模型^[5]。

Maxwell 模型由一个弹性元件与一个粘性元件串联而成。总的应变为

$$\gamma = \gamma^e + \gamma^v \quad (1)$$

式中 γ^e , γ^v 分别为弹性元件和粘性元件的应变, γ 为粘弹性阻尼材料的剪切应变, 该模型的本构关系为

$$\tau + p_1 \dot{i} = q_1 \dot{r} \quad (2)$$

式中 τ 为粘弹性阻尼材料的剪切应力, i 和 r 为 τ 与 γ 的导数。 p_1 和 q_1 是由粘弹性材料确定的系数。

在简谐应变激励下,由本构关系(2)可以导出

$$\left. \begin{aligned} G_1 &= p_1 q_1 \omega^2 / (1 + p_1^2 \omega^2) \eta = 1 / p_1 \omega \\ G_2 &= q_1 \omega (1 + p_1^2 \omega^2) \\ \eta &= 1 / p_1 \omega \end{aligned} \right\} (3)$$

其中 G_1 , G_2 为所夹粘弹性材料的储存模量和损耗模量, η 为损耗因子。

2 安装和计算参数

为了更好地发挥单个粘弹性阻尼器的作用, 应将阻尼器安装在结构层间相对位移最大处。根据这个原则, 本结构把阻尼器安装在相邻两柱的对角。

运用 ETABS 进行分析时, 需要给出粘弹性阻尼器的有效刚度 K_d 和有效阻尼 C_d , 它们可以通过下列公式求得^[6]

$$\begin{aligned} K_d &= G_1 A / h \\ C_d &= G_2 A / \omega h \end{aligned} (4)$$

式中 A 和 h 为粘弹性层的剪切面积和厚度(以上参数可以由生产厂家提供), ω 为外部激励圆频率。

3 工程概况与模型建立

3.1 工程概况

该工程为一个 4 层钢筋混凝土框架结构, x 轴方向为 3 跨, 轴间距 6m, y 轴方向为 3 跨, 轴间距 8m。底层层高 4.5m, 其他层高 3m。柱截面为 500mm × 500mm, 梁截面为 500mm × 300mm, 楼板厚 100mm, 混凝土材料为 C30。纵向抗弯钢筋采用 HPB335 级, 箍筋采用 HPB235 级, 楼板自重由程序自动计算, 活荷载为 2kN/m², 边梁上恒荷载为 10 kN/m。

工程抗震设防烈度为 7 度, 属丙类建筑, 设计

地震分组为第一组, 场地类别为 II 类, 设计基本地震加速度为 0.1g, 抗震等级为三级。

3.2 ETABS 模型建立

计算分析步骤:

1) 建立无阻尼器结构模型并求其顶层最大加速度响应和最大位移响应。

2) 分别在结构模型不同楼层设置粘弹性阻尼器并求其顶层最大加速度响应和最大位移响应, 进行比较分析。

3) 分别在结构模型的边跨和中间跨设置粘弹性阻尼器并求其顶层最大加速度响应和最大位移响应, 进行比较分析。

本文选用同型号同参数的阻尼器, 粘弹性材料的剪切面积 $A = 0.117\text{m}^2$, 厚度 $h = 0.025\text{m}$, 储存模量 $G_1 = 2.868 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$, 损耗模量 $G_2 = 2.294 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

根据(4)式得

$$K_d = 1.34 \times 10^4 \text{ KN/M}$$

$$C_d = 0.59 \times 10^4 \text{ KNS/M}$$

4 分析结果

本文以结构顶层各点在地震荷载的作用下的最大加速度 a_{max} 和最大位移 S_{max} 来评价减震效果。上述几种不同布置方式的计算结果及减震效果见表 1 及图 1、图 2。

由表 1 计算结果可以看出:

1) 与无阻尼器结构相比, 有阻尼器结构的几种布置方式的地震响应均有明显的减小, 表明粘弹性阻尼器具有良好的减震效果。

表 1 计算结果

Tab.1 Calculation results

布置方式	S_{max} (mm)	a_{max} (mm/s ²)	S_{max} 减小的百分比 (%)	a_{max} 减小的百分比 (%)
无阻尼器	2.866	274		
首层布置	0.864	204	69.85	25.55
2层布置	1.054	211.9	63.22	22.66
3层布置	1.501	237.8	47.63	13.21
4层布置	2.322	252.4	18.98	7.88
边跨布置	0.6924	171.6	75.84	37.37
中间跨布置	0.811	204.2	71.70	25.47

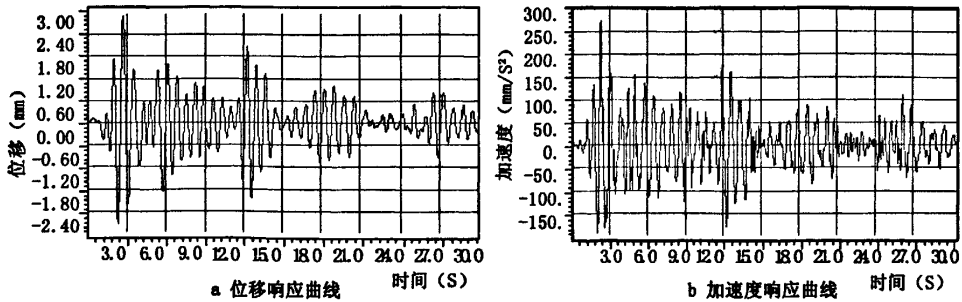


图1 无阻尼器结构顶层地震响应

Fig.1 Top layer earthquake responds of non-damper frame

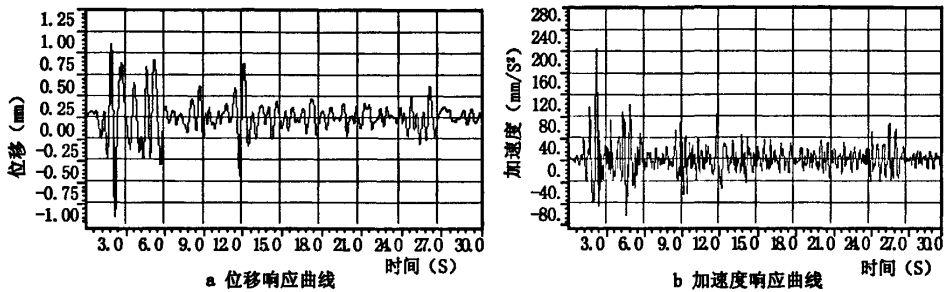


图2 首层设置阻尼器时结构顶层的地震响应

Fig.2 Top layer earthquake responds of frame with damper on first-floor

2)在不同的楼层设置阻尼器时,在首层减震效果明显,且随阻尼器所在楼层数的增加而减弱。首层加速度响应减小 25.55%,顶层减小 7.88%。

3)在不同的跨度设置阻尼器时,边跨的减震效果明显好于中间跨。

5 结论

1)阻尼器的平面布置:从外跨到中间跨,粘弹性阻尼器的数量可逐渐减少。


2)阻尼器的竖向布置:结构层设置粘弹性阻尼器的数量由下至上逐渐减少。

参考文献:

- [1] 刘剑,何益斌.粘弹性阻尼器的工程应用、工作原理及计算模型分析[J].中外建筑,2005,(3):102-104.
- [2] 杨树标,郭金伟,李荣华.粘弹性阻尼器控制的不规则结构扭转分析[J].河北工程大学学报(自然科学版),2008,25(4):7-9.
- [3] TSO W K, SMITH R S H. Re-evaluation of seismic torsional provisions[J]. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1999, 28: 899-917.
- [4] 孙武,杨树标,吴斌,等.并联复合隔震结构地震反应时程分析[J].河北建筑科技学院学报,2004,21(1):52-55.
- [5] 吴曙光,常业军.粘弹性消能减震结构设计参数研究[J].工程抗震与加固改造,2005,27(4):37-39.
- [6] 凌和海,薛素铎,庄鹏.减震结构中的粘弹性阻尼器参数优化[J].世界地震工程,2005,21(3):126-130.

(责任编辑 吕纯有)

粘弹性阻尼器对框架结构地震响应的影响分析

作者: [王振兴](#), [韩亚强](#), [WANG Zhen-xing](#), [HAN Ya-qiang](#)
作者单位: [河北工程大学, 土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26(1)

参考文献(6条)

1. 刘剑;何益斌 [粘弹性阻尼器的工程应用、工作原理及计算模型分析](#)[期刊论文]-[中外建筑](#) 2005(03)
2. 杨树标;郭金伟;李荣华 [粘弹性阻尼器控制的不规则结构扭转分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(04)
3. TSO W K;SMITH R S H [Re-evaluation of seismic torsional provisions](#) 1999
4. 孙武;杨树标;吴斌 [并联复合隔震结构地震反应时程分析](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2004(01)
5. 吴曙光;常业军 [粘弹性消能减震结构设计参数研究](#)[期刊论文]-[工程抗震与加固改造](#) 2005(04)
6. 凌和海;薛素铎;庄鹏 [减震结构中的粘弹性阻尼器参数优化](#)[期刊论文]-[世界地震工程](#) 2005(03)

本文读者也读过(10条)

1. [魏翠玲](#), [韩亚强](#), [刘春生](#), [王振兴](#), [WEI Cui-ling](#), [HAN Ya-qiang](#), [LIU Chun-sheng](#), [WANG Zhen-xing](#) [粘弹性阻尼器混凝土框架结构消能减震分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 26(2)
2. [孙悦新](#), [SUN Yue-xin](#) [粘弹性阻尼器对框架结构的减震效果分析](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2008, 34(19)
3. [刘涛](#), [李爱群](#), [张志强](#) [粘弹性阻尼器用于框支剪力墙结构减震设计](#)[会议论文]-2007
4. [贝伟明](#) [高层建筑利用粘弹性阻尼器减震的优化设计](#)[会议论文]-2004
5. [韩建平](#), [李慧](#), [杜永峰](#), [白中伟](#), [HAN Jian-ping](#), [LI Hui](#), [DU Yong-feng](#), [BAI Zhong-wei](#) [装设粘弹性阻尼器钢筋混凝土结构弹性时程分析](#)[期刊论文]-[兰州理工大学学报](#)2006, 32(1)
6. [常业军](#), [程文昝](#), [隋杰英](#), [梁晓峰](#) [钢筋混凝土框-剪结构采用粘弹性阻尼器的减震设计](#)[期刊论文]-[东南大学学报\(自然科学版\)](#)2002, 32(5)
7. [王冬生](#), [李黎](#) [粘弹性阻尼器用于结构减震时的空间布置研究](#)[期刊论文]-[三峡大学学报\(自然科学版\)](#)2003, 25(4)
8. [姜拥军](#) [框架柱截面不同对结构抗震性能的影响](#)[学位论文]2007
9. [杨柳](#) [钢筋混凝土框架结构体系抗震可靠性分析方法研究](#)[期刊论文]-[科技风](#)2009(23)
10. [胡卫兵](#), [何建](#) [粘弹性阻尼器控制的框架结构弹塑性地震响应分析](#)[期刊论文]-[振动与冲击](#)2004, 23(1)

引证文献(1条)

1. [李恋恋](#) [层间隔震对结构鞭梢效应管控意义探究](#)[期刊论文]-[江西建材](#) 2014(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200901008.aspx