

压电主动结构的设计、建模及随机振动分析

马乾瑛¹, 刘志钦², 王社良³, 熊二刚¹

(1. 长安大学建筑工程学院, 陕西 西安 710061; 2. 河南城建学院土木与材料工程系, 河南 平顶山 467036;
3. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:采用新型智能材料进行结构振动主动控制是目前抗震领域的前沿方向, 其中, 新型抗震装置的开发, 主动控制动力学模型的建立以及合理、高效的分析方法是保证主动控制技术应用到工程实际中的关键。本文根据压电堆频响范围宽、响应速度快的特点, 结合机械设计二次开发, 设计了压电主动杆件, 阐述了主动杆件双向受力的工作原理; 运用 Hamilton 原理, 推导了压电主动杆件的有限元方程, 根据主动杆件在实际应用中的装配方式, 对主动杆件的自由度进行了缩减, 并建立了加入主动杆件的整体结构动力学方程; 基于随机振动理论, 推导了结构振动主动控制方程的虚拟激励求解方法; 最后对一主动控制结构模型进行了随机振动分析, 高效的得到了主动控制方程随机振动解, 为压电主动杆件在结构抗震中的应用提供了依据。

关键词:压电; 随机振动; 虚拟激励; 有限元

中图分类号:TU 352.1+1; TU 317+.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7930(2013)03-0402-06

结构振动主动控制技术是由控制理论、振动理论、计算机技术、测试技术与材料科学等学科交叉而形成的一项新技术^[1], 基于现代控制理论, 运用新型智能材料, 根据结构的实时动力响应作为输入, 由控制器进行反馈计算, 然后控制驱动装置对结构施加主动力, 以满足结构抗震性能指标的要求, 实现结构的自适应控制。

压电材料具有良好的正、负压电效应, 正压电效应可以将机械力或变形转化为电流信号, 负压电效应应将电场作用转化为变形和机械力, 很好的实现了机电耦合, 使振动和电流之间方便、迅速的实现转换^[2], 既可以作为传感器, 又可以作为驱动器。目前, 在抗震系统中, 常常利用压电材料的正逆压电效应制作成主动驱动器, 作为控制系统的核心部件, 替代传统作动器, 实现结构振动控制。

在对结构振动主动控制研究方面, 国内外专家进行了大量的基础性研究, 欧进萍^[3]院士的学术梯队利用不同类型智能材料, 研制出压电摩擦型耗能减振装置, 建立了结构耗能减振与智能控制的分析和设计方法。李宏男^[4]教授回顾了运用压电材料进行土木结构振动控制的发展历程, 提出应进一步加强试验和智能控制算法的研究工作。武汉理工大学^[5]建立了“智能材料-器件-结构系统”的研发基地。Wang、Quek 和 Ang 等人^[6]基于李亚普诺夫的能量泛函微分方程进行了悬臂压电复合板动力稳定性建模分析, 并进行了相应的数学模拟; Ishimura、Koseil 和 Natori 等人^[7]基于势能原理研究了太阳能帆板类大跨度柔性结构的动力稳定性。

随着材料制备、信息处理和控制技术的迅速发展, 特别是高效大驱动力、大输出位移以及高阻尼智能材料的研制成功, 使得结构振动主动控制技术得到了更为深入的研究, 其中, 新型压电驱动装置的设计与制作, 压电主动结构的动力学建模以及主动控制方程的求解和分析等问题成为结构振动主动控制技术实现的关键所在。

2 压电主动杆件设计

压电堆由若干压电片叠合而成, 工作时, 各压电片的电路输入为并联关系, 出力和位移为串联关系,

收稿日期: 2012-07-05 修改稿日期: 2013-05-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51208041, 51178388, 10972168, 51008245); 国家重点实验室开放项目(11JS061, 11JS060)

作者简介: 马乾瑛(1982-), 男, 博士, 讲师, 主要从事智能材料在土木工程中的应用研究。

克服了单个压电片压电应变系数较小的缺点,达到了在一定电压输入下增大驱动力和位移输出的目的,使压电材料的驱动力和变形满足作为作动器的性能要求.基于压电堆为核心制成的主动杆件需要满足拉、压受力性能均良好的要求,而压电堆属于层叠结构,具有受压性能好,受拉容易断裂的特点,因此本文通过二次机械开发,设计了将拉力转化为压力且不承担弯矩的压电套筒式拉压双向受力主动抗震控制装置^[8],充分发挥了压电堆受压性能强的特点,使得外部荷载,无论是拉力还是压力,均转化为对压电堆的压力,从而达到作动器位移和力输出的要求.

本文所设计的压电主动杆件,原理如图1所示,包括内、外两层套筒,压电堆放置在内层套筒内,内层套筒上、下端分别与压电堆之间设置有保证压电堆受力均匀的传递端板;内、外层套筒两端之间设置有调节螺栓.

压电主动杆件工作时,嵌固于结构普通杆件中间,由设置于内层套筒上并穿过设置于外层套筒上端部的紧固换力螺母的第一连接杆,及设置于外层套筒下端部的第二连接杆分别与普通杆件连接,传递拉力或者压力,紧固换力螺母与内层套筒的上端通过螺栓调节距离;当杆件受到压力作用时,外层套筒下端与内层套筒的上端相对运动,压电堆受压;当作动器受拉时,外层套筒上端与内层套筒下端相对运动,同样使压电堆受压,从而使压电堆受压性能良好的特性得到了充分发挥.内、外套筒端板与压电堆之间通过第一传递端板和第二传递端板传力,第一传递端板与压电堆之间以及第二传递端板与内层套筒之间通过半圆形球铰传力,可以实现铰接,从而避免弯矩传递.当将调节螺栓拧紧时,外层套筒和内层套筒相互之间共同工作,此时为普通构件.

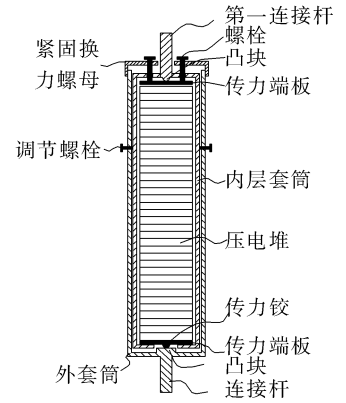


图1 主动杆件原理图

Fig.1 Driving lever principle

本文所设计制作的压电主动杆件,充分发挥了压电堆受压性能良好的特点,将拉力转化为压力且不承担弯矩的压电抗震装置,克服了以往相近的主动抗震控制装置只能够实现单向抗震控制,并且不能满足较大位移变形需求的问题,本文提供的技术方案更加符合土木工程结构的受力特征,能够更好的提高结构在地震荷载下的抗震性能.

3 有限元方程

建立实用、合理的有限元模型是进行主动控制动力分析和优化设计的基础.对压电主动杆件进行有限元分析时,动力学模型如图2所示,其中: u_i 、 u_j 和 F_i 、 F_j 分别为主动杆件两端的位移及荷载, V 为施加在压电堆两端的电压.

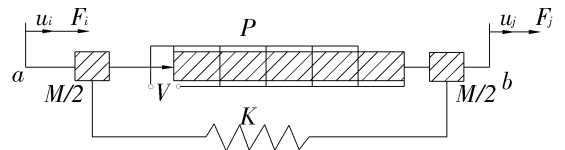


图2 压电主动杆件计算模型示意图

Fig.2 Calculation model

假设压电堆变形沿轴向均匀,则压电堆位移函数及应变函数分别为^[9]:

$$\begin{cases} u(x) = [N]\{\delta\} \\ S_3(x) = \frac{\partial u(x)}{\partial x} = [B]\{\delta\} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $[N]$ 为线性位移形函数; $[B]$ 为几何函数; $\{\delta\}$ 为节点位移向量.

压电主动杆件在机械载荷和电载荷的共同作用下,将其机电耦合动力学方程用Hamilton原理^[10]表述,可得压电主动杆件的动力学有限元方程为:

$$[M_{uu}]\{\ddot{\delta}\} + [K_{uu}]\{\delta\} + [K_{u\varphi}]\varphi = \{F\} \quad (2)$$

$$[K_{u\varphi}]^T\{\delta\} + [K_{\varphi\varphi}]\varphi = Q \quad (3)$$

式中: $[M_{uu}]$ 为单元质量矩阵; $[K_{uu}]$ 为单元刚度矩阵; $[K_{u\varphi}]$ 为单元耦合刚度矩阵; $[K_{\varphi\varphi}]$ 为单元介电刚度矩阵; φ 为压电堆电势, $Q = -nDA$ 为压电堆所带总电荷的负数.

由式(2)和式(3)可得消去电势坐标后主动杆件的动力学方程:

$$[M_{uu}]\{\ddot{\delta}\} + [K_{uu}^*]\{\delta\} = \{F\} - [K_{u\varphi}][K_{\varphi\varphi}]^{-1}Q \quad (4)$$

式中: $[K_{uu}^*] = [K_{uu}] - [K_{u\varphi}][K_{\varphi\varphi}]^{-1}[K_{u\varphi}]^T$,为考虑机电耦合时的广义刚度矩阵.

运用压电主动杆件对结构进行抗震控制时,压电主动杆件通过与普通杆件连接然后设置于整体结构的某些部位,在对整体结构进行动力学分析时,与普通杆件连接后形成的单元一般作为一个独立的部分考虑,如图3所示。

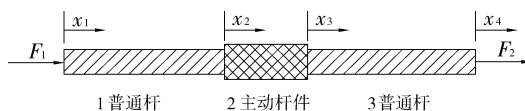


图3 压电主动杆及计算模型示意图

Fig. 3 Driving lever calculation model

图中:杆1,3分别为普通杆件,2为压电主动杆件。

分别建立各部分的有限元方程,对于1,3杆,不考虑阻尼,有^[11]:

$$[M_1]\{\ddot{\delta}_1\} + [K_1]\{\delta_1\} = \{F\}_1 \quad (5)$$

$$[M_3]\{\ddot{\delta}_3\} + [K_3]\{\delta_3\} = \{F\}_3 \quad (6)$$

式中: $[M_i] = \frac{m_i}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$, $[K_i] = \frac{E_i A_i}{l_i} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$, $(i = 1, 3)$ 。

根据连接条件,由式(5)、(6)及(4)可得:

$$[M_u]\{\ddot{x}\} + [K_u]\{x\} = \{P\} \quad (7)$$

式中: $[M_u]$ 为等效质量矩阵; $[K_u]$ 为等效刚度矩阵; $\{x\} = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T$; $\{P\}$ 为各节点等效荷载向量; m_i ; k_i 。

式(7)为压电主动杆件嵌入到普通杆件中之后的单元方程,实际结构中,应把此整体作为一个单元加入到整体结构中,因此,需要对式(7)所表达的4节点自由度方程进行自由度缩减,同时对于压电杆件两端所承受的力也将施加于普通杆件的端部。

根据 Guyan 静态缩聚法对式(7)进行自由度缩减,仅考虑整体杆件两端的自由度 $[x_1, x_4]^T$, 由式(7)的静平衡表达式,可得:

$$\{u\} = [R]\{u_1\} \quad (8)$$

式中: $u_1 = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_4 \end{Bmatrix}$, 则 $[R]$ 的表达式为:

$$[R] = \frac{1}{K} \begin{bmatrix} K & 0 \\ k_1 k_2 + k_1 k_3 & k_2 k_3 \\ k_1 k_2 & k_2 k_3 + k_1 k_3 \\ 0 & K \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中: $K = k_1 k_2 + k_2 k_3 + k_1 k_3$ 。

可得: $[M_p] = [R]^T [M_u] [R]$, 为质量矩阵; $[K_p] = [R]^T [K_u] [R]$, 为刚度矩阵。

4 随机振动分析

工程中,结构所承受的地震、风等动力荷载具有很强的随机性,因此,基于概率理论,考虑具有统计意义的动荷载的输入,对结构的动力性能进行分析研究,能够更为准确的反映结构在动荷载作用下的响应情况。随机振动理论以功率谱函数作为荷载输入,采用频域求解方法,实现了用概率统计方法定量描述结构振动规律的功能^[12]。

对于 n 个自由度的空间结构,其动力学方程为^[13]:

$$[M]\{\ddot{X}(t)\} + [C]\{\dot{X}(t)\} + [K]\{X(t)\} = [M][D_s]\{\ddot{x}_g(t)\} \quad (10)$$

进行闭环主动控制时的动力学方程可以表示为:

$$[M]\{\ddot{X}(t)\} + [C]\{\dot{X}(t)\} + [K]\{X(t)\} = [M][D_s]\{\ddot{x}_g(t)\} + [B_s]\{U(t)\} \quad (11)$$

式中: $[M]$ 是结构的质量矩阵; $[C]$ 是结构的阻尼矩阵; $[K]$ 是结构的刚度矩阵; $\{\ddot{X}\}$ 是加速度向量; $\{\dot{X}\}$ 是速度向量; $\{X\}$ 是位移向量; $[D_s]$ 是外荷载位置矩阵; $\{\ddot{x}_g(t)\}$ 是外荷载加速度; $[B_s]$ 是主动杆件位置矩阵; $\{U(t)\}$ 是控制力向量。

控制系统中常用的反馈有线性反馈、非线性反馈、自适应反馈和智能反馈等,当对结构进行主动控制时,根据实时观测的结构动力响应信号,通过一定的控制算法策略,得到反馈,由控制装置做动,对结

构反向施加相应的控制力,通过改变结构系统的质量、阻尼或刚度等动力特性项从而实现对结构的动力响应进行控制的目的。

当采用线性反馈时,结构的反馈力可以表示为:

$$U(t) = -G_0[M]\ddot{x}_g - G_1\dot{X}(t) - G_2\dot{X}(t) - G_3\ddot{X}(t) \quad (12)$$

式中: $G_i (i = 1, 2, 3)$ 是反馈增益矩阵。

将式(12)带入式(11),得:

$$\begin{aligned} ([M] - [B_s]G_3)\{\ddot{X}(t)\} + ([C] + [B_s]G_2)\{\dot{X}(t)\} + ([K] + [B_s]G_1)\{X(t)\} \\ = [M]([D_s] - G_0[B_s])\{\ddot{x}_g(t)\} \end{aligned} \quad (13)$$

考虑式(13)中外荷载加速度的统计意义,即将 $\{\ddot{x}_g(t)\}$ 项替换为其功率谱密度函数 $S_{\ddot{x}_g}(\omega)$,用频域法求解方程,则对结构的分析转换为随机振动分析。然而,由于地震、风等随机动力荷载具有较宽的频带;同时,加入压电驱动器的结构系统由于机电耦合效应,其结构特性更为复杂,通常的频域法难于计算。

虚拟激励法是大连理工大学林家浩教授近年来提出的一种具有高精度、高效率的随机振动求解方法^[14]。求解时,通过设置虚拟荷载将随机振动的计算转化为稳态简谐响应分析,将非平稳随机振动的计算转化为普通逐步积分计算,实现了用基本的动力学方法来求解一般的平稳随机振动问题。虚拟激励法在求解过程中包含了所有参振振型和所有随机激励之间的耦合项,本质上是精确解法,与传统的CQC算法在数学表达上等价,然而与计算 q 阶振型的CQC法相比,其计算量仅为CQC法的 $1/q^2$;即使与忽略了振型耦合项的SRSS法相比,其计算量也仅为SRSS法的 $1/q$ 。

运用虚拟激励法求解结构振动压电主动控制系统的随机振动问题时,利用已知的 $\{\ddot{x}_g(t)\}$ 的自谱 $S_{\ddot{x}_g}(\omega)$ 构造虚拟地面加速度:

$$\ddot{\tilde{x}}_g(t) = \sqrt{S_{\ddot{x}_g}(\omega)} e^{i\omega t} \quad (14)$$

将欧拉公式带入式(14)中,可以得到:

$$\ddot{\tilde{x}}_g(t) = \sqrt{S_{\ddot{x}_g}(\omega)} (\cos\omega t + i\sin\omega t) \quad (15)$$

将式(15)带入到式(14)中,根据文献[15]中的方法,将控制方程转换为结构空间状态方程,分别进行简谐激励下主动控制系统的动力时程分析,叠加得到结构的虚拟位移响应:

$$\tilde{y}(\omega, t) = \sqrt{S_{\ddot{x}_g}(\omega)} [B(\omega)\sin(\omega t + \varphi + \pi/2) + iB(\omega)\sin(\omega t + \varphi)] \quad (16)$$

其中, $B(\omega)$ 为幅值函数; φ 为相位角。

根据虚拟激励法,结构的位移响应功率谱为:

$$S_{yy}(\omega) = \tilde{y}^*(\omega, t) \cdot \tilde{y}^T(\omega, t) \quad (17)$$

所得到的结构响应功率谱同样具有概率分布意义,可以用来进行结构可靠度的验算。

5 主动控制分析

如图4所示空间杆系结构模型,共36根杆件,斜向杆件非对称布置,平面尺寸 $300\text{ mm} \times 400\text{ mm}$,竖向三层,每层高 400 mm ,各个节点处附加 10 N 的实心钢球作为配重。结构中普通杆件选用直径 5 mm ,壁厚 1 mm 的铝合金杆件,密度为 3100 kg/m^3 ,弹性模量为 72.7 GN/m^2 ,所用压电堆材料特性如表1所示。

参考文献[16],基于遗传算法这一高效的数学优化手段,以最大耗能原则为指标,建立性能目标函数,对采用3个压电主动杆件在结构模型中的布置位置进行优化设计,可以得到压电主动杆件的布置如图4所示。

取地面加速度功率谱为过滤白谱:

$$S_{\ddot{x}_g}(\omega) = \frac{1 + 4\zeta_g^2(\omega/\omega_g)^2}{[1 - (\omega/\omega_g)^2]^2 + 4\zeta_g^2(\omega/\omega_g)^2} S_0$$

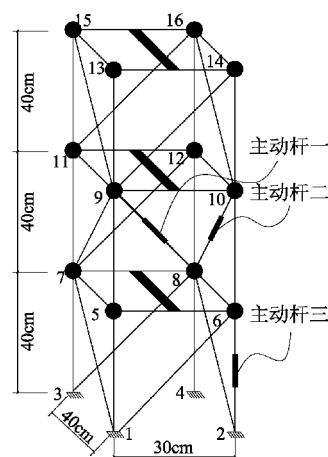


图4 结构模型及压电驱动器布置图

Fig. 4 Intelligent control schemes

根据不同的场地类型,选取不同的参数,基于随机振动理论验证主动控制的效果. 以下给出 $S_0 = 1.574 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^3$, $\omega_g = 15.71 \text{ rad/s}$, $\zeta_g = 0.6$ 时的分析结果.

根据本文的方法构造虚拟激励作用于结构,将主动控制方程转换为结构状态方程,计算结构谱响应分析,基于虚拟激励法,得到各层位移响应功率谱图. 在进行基于虚拟激励法随机振动分析时,频域取 $\omega \in [0, 150] \text{ rad/s}$,频点间隔 $\Delta\omega = 0.1 \text{ rad/s}$.

图 a、b、c 分别为随机激励作用结构第一层、第二层、第三层处位移的时变功率谱密度函数曲线,可以直观的看出随机激励时结构动力响应的能量随频率分布的规律,并可以得到低阶共振频率值.

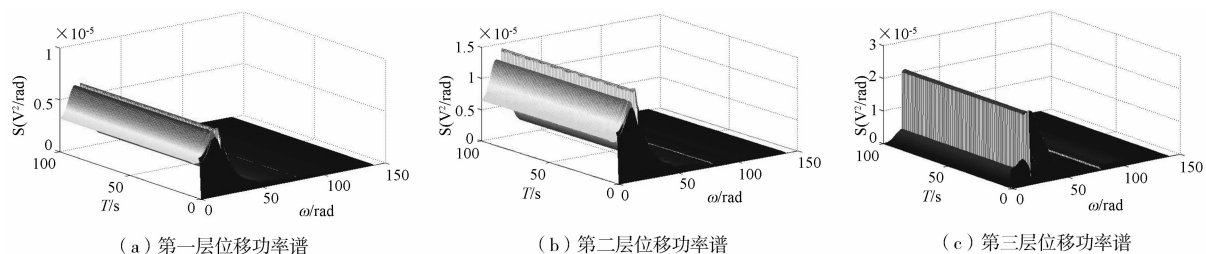


图5 位移功率谱

Fig. 5 Displacement power spectrum

6 结 论

本文进行了压电主动杆件的设计与分析,并进行了空间结构主动控制的动力学建模及随机振动分析,可知:(1)基于压电堆设计的主动杆件作动机理简单、高效,构造合理,稳定性能好,适合用于结构抗震主动控制系统;(2)主动杆件的有限元方程中,由于考虑了机电耦合效应,在将主动杆件单元组合到结构系统中时,需要进行单元自由度的缩减,以实现结构控制系统的仿真;(3)对结构抗震主动控制进行分析时,由于系统的复杂性,以及结构参数和荷载形式的不确定性,有必要采用随机振动理论进行控制效果的判别,基于虚拟激励法,高效、快速的实现了对主动控制系统的随机振动分析,并保证了分析结果的高精确度;(4)通过对不同功率谱及不同工况下的结构振动主动控制随机振动分析模拟,可以从概率统计意义上量化的看出,由于主动控制效果,结构的振动得到了良好的控制;(5)由于结构主动控制系统复杂,控制效果与主动杆件的数量和布置位置关系密切,因此进行合理的优化是提高结构抗震控制效率,增强结构动力性能的关键.

参考文献 References

- [1] AGRAWAL A K, XU Z, HE W L. Ground Motion Pulse Based Active Control of a Linear Base-isolated Benchmark Building[J]. Journal Structural Control and Health Monitoring, 2005, 13 (2/3): 792-808.
- [2] 李书进, 瞿伟廉, 王军武. 压电材料智能控制器对框架结构地震反应的主动控制[J]. 地震工程与工程振动, 2000, 20(1): 100-104.
LI Shu-jin, QU Wei-lian, WANG Jun-wu. Piezoelectric Intelligent Control Device and Its Active Control for Earthquake Induced Responses of Frame Structure[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2000, 20(1): 100-104.
- [3] 欧进萍. 结构振动控制[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 540.
O Jin-ping. Structural Vibration Control[M]. Beijing: Science Press, 2003: 540.
- [4] 李宏男, 李 军, 宋钢兵. 采用压电智能材料的土木工程结构控制研究进展[J]. 建筑结构学报, 2005, 26(3): 1-8, 29.
LI Hong-nan, LI Jun, SONG Gang-bing. Progress of Study on Smart Control for Civil Engineering Structures Using Piezoelectric Materials[J]. Journal of Building Structures, 2005, 26(3): 1-8, 29.
- [5] <http://www.wutnews.net/news/subject/2006211/p04.htm>.
- [6] WANG S Y, QUEK S T, ANG K K. Dynamic stability analysis of finite element modeling of piezoelectric composite plates[J]. International Journal of Solids and Structures, 2004, 41(3-4): 745-764.
- [7] ISHIMURA Kosei, NATORI M, HIGUCHI Ken, et al. Integrated stability analysis of large space structures based on potential energy consideration[J]. Structural Dynamics and Materials Conference, 2003, 4: 2661-2666.

- [8] 王社良,马乾瑛,朱军强,等. 一种压电套筒式拉压双向受力主动抗震控制装置[P]: 101736829A.
WANG She-liang, MA Qian-ying, ZHU Jun-qiang, et al. A Piezoelectric Doubleaction Seismic Control Driver[P]: 101736829A.
- [9] 应隆安,陈传森. 有限元理论与方法:第二分册[M]. 北京: 科学出版社,2009:389-709.
YING Long-an, CHEN Chuan-miao. Finite Element Theory and Method: The Second Volume [M]. Beijing: Science Press, 2009: 389-709.
- [10] 孙立宁,楚中毅,曲东升,等. 压电智能结构有限元动力模型及其振动主动控制的研究[J]. 高技术通讯,2004,14(11):61-64.
SUN Li-ning, CHU Zhong-yi, QU Dong-sheng, et al. Research of Finite Element Dynamical Model and Active Vibration Control for Piezo Smart Structure[J]. High Technology Letters, 2004, 14(11): 61-64.
- [11] 李东旭. 大型挠性空间桁架结构动力学分析与模糊振动控制[M]. 北京: 科学出版社,2008:207.
LI Dong-xu. Large Flexible Space Truss Structure: Dynamic Analysis and Vibration Fuzzy Control [M]. Beijing: Science Press, 2008:207.
- [12] 戴新进. 复合材料结构随机振动的虚拟激励法及在航空航天领域的应用[D]. 大连:大连理工大学,2007.
DAI Xin-jin. PEM Based Random Vibration Analysis of Composite Structures and Its Applications in Aero/Astronautical Engineering [D]. Dalian: Dalian University of Technolog, 2007.
- [13] 克拉夫 R W. 结构动力学[M]. 彭 津,王光远,译. 北京: 科学出版社,1981:418.
Clough R W. Structural Dynamics[M]. PENG Jin, WANG Guang-yuang, Translated. Beijing: Science Press, 1981:418.
- [14] 林家浩,张亚辉. 随机振动的虚拟激励法[M]. 北京: 科学出版社,2004:296.
LIN Jia-hao, ZHANG Ya-hui. Pseudo-excitation Method of Random Vibration[M]. Beijing: Science Press, 2004:296.
- [15] 李 璐. 基于虚拟激励法的火箭仪器舱随机振动研究[D]. 大连:大连理工大学,2011.
LI Lu. Random Vibration Analysis of the Rocket Instrument Cabinet Based on the Pseudo- excitation Method [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2011.
- [16] 王社良,马乾瑛,朱军强,等. 压电主动杆件在结构抗震控制中的优化设计及实验研究[J]. 地震工程与工程振动, 2010,30(2):113-118.
WANG She-liang, MA Qian-ying, ZHU Jun-qiang, et al. Optimization Design of The Piezoelectric Driving Bar and Test for Anti-Seismic Control [J]. Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2010, 30(2): 113-118.

Design, modeling and random vibration Analysis of piezoelectric active structure

MA Qian-ying¹, LIU Zhi-qin², WANG She-liang³, XIONG Er-gang¹

(1. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China; 2. Department of Civil and Materials Engineering, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan, 467036, China; 3. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Using intelligent material for structure vibration active control is the frontier in the anti-seismic field, where developing the new type seismic device, building the active control dynamics model, then through reasonable and efficient method for analysis is the key which ensures the active control technology applied in the engineering. Based on piezoelectric pile's wide range frequency response and response speed, and through the process of mechanical design, piezoelectric driving lever is designed to, expound the working principle of two-way force driving lever. Hamilton principle is applied to, deduce the finite element equation of the driving lever. According to the driving lever assembly form, freedom degrees of the finite element model, and the active control system dynamics equation is established. Based on the pseudo-excitation method, the random vibration solution is given. Finally, through simulation of a active control model, the active control equation random vibration solution efficiency is obtained. The paper provides a basis for piezoelectric driving lever in structural seismic application.

Key words: *piezoelectric; random vibration; pseudo-excitation method; finite element*