

用 PolyMAX方法进行弹性地基板的实验模态分析

周 云, 易伟建

(湖南大学土木工程学院, 长沙 410082)

摘 要 对弹性地基上自由板进行了脉冲锤击法模态试验研究。针对传统模态识别方法难以准确识别重频、高阻尼结构的模态参数的特点, 利用 IMS Test Lab软件中 PolyMAX方法对地基板的传递函数进行模态参数估计和识别。实测及分析表明实际地基上的自由板不存在纯刚体模态。利用识别的模态频率分别对 Winkler地基, 双参数地基的地基参数进行了识别。利用蒙特卡罗模拟计算地基参数以标准差 5%变化时的频率值, 发现地基的不均对弹性地基板的频率值有着重要的影响。为道路工程和岩土工程中混凝土板的地基参数识别和损伤诊断提供了手段和方法。

关键词: 地基板, 模态分析, PolyMAX方法, 刚体模态, 地基参数识别

中图分类号: TU317+.1 **文献标识码:** A

弹性地基板在工程上有着广泛地运用, 是研究混凝土刚性路面、机场道面、建筑物板式基础的雏形, 人们对此进行了广泛而深入地研究。Nazarian和 Reddy^[1]采用脉冲方法获取了公路板的动力响应。Niels Saabye O t t s e n^[2]等人对脉冲锤击法进行地基板和梁的动力信号分析中常见的问题进行了探讨, 对地基脱空与梁局部损伤情况下传递函数的特征进行了讨论。国内许金余, 邓子辰^[3]对三种飞机作用下机场道面的动力荷载性能进行了研究, 对三块足尺板进行了锤击法的动力时域分析。王复明^[4]等对动态弯沉盆拟合的基础上路面结构的动力变形特性进行了研究。湖南大学曾亚^[5], 张望喜^[6]对弹性地基上的地基梁板进行了系统的模态测试研究。对地基板的动力测试的意义在于能够对道路工程中的刚性路面板进行无损检测, 以判别路面的脱空。实际工作中如能设计标准试验方法利用单位大小的地基板进行地基参数识别反应地基的性质, 则具有很强的工程意义。

要准确利用动态信息识别地基参数, 其一是需要准确识别地基板的模态参数, 其二是利用正确的模型来进行参数识别。基于 w i n k l e地基、双参数地基、弹性半空间地基上的自由薄板振动已有了相对完善的解答^[7], 其理论分析也趋近于完善, 而弹性地基上板的模态试验难以得到相对完整的实验结果。其主要困难在于地基土具有不均匀性、弹塑性、非线性和无界性等特征, 在局部激励测试由于涉及到波在地基中的传播、波在板和地基的交界处的反射和透射、板和土之间的粘结状况等因素的影响, 其模态信息不易得到, 其脉冲锤击的传递函数无明显的峰值特征, 由于重根以及高阻

尼特性, 传递函数呈现“馒头山”形状, 给模态参数识别的过程带来很大的困难。其问题的复杂性使至今未发现有关地基板的模态实验结果。

本文将对弹性地基板进行模态实验, 测试得到地基板的位移模态和应变模态, 其集总传递函数的模态参数识别利用 IMS Test Lab中的 PolyMAX模态分析方法。然后根据识别出来的模态振型和频率, 识别弹性地基的地基参数并作比较。

1 模态试验方法及结果

1.1 模态试验条件及初步结果

对弹性地基上的自由板进行分析, 板的尺寸分别为 1 000 mm×1 000 mm×50 mm, 混凝土强度为 C35 弹性模量为 $E_0 = 3\ 000\ \text{MPa}$ 板土之间无砂浆垫层。测试系统采用美国迪飞信号分析系统进行采集, 用 PCB压电式力锤进行激振, 用 PCB压电式加速度传感器和动态应变计进行拾振, 力锤信号范围为 800 Hz 采样频率为 1 250 Hz 对小板划分 36 个点, 进行单点拾振、多点激励

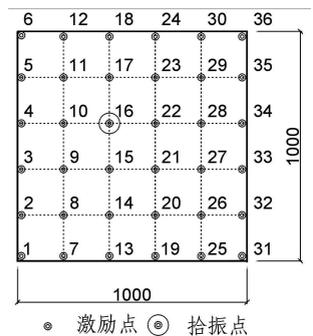


图 1 地基板示意图

的测试(如图 1), 测试位移模态和应变模态得到的汇总传递函数结果如图 2和图 3所示。

1.2 IMS中 PolyMAX模态识别方法

IMS公司最新推出的 IMS Test Lab中 PolyMAX模态识别方法, 也称为多参考点最小二乘复频域法(Polyreference least squares complex frequency domain method)。起初该方法只用来导出迭代法极大似然估计的最优初值, 这种估计也称为公分母传递函数模型。LSCF法超越其他参数估计技术最突出的优点是, 它可以得出非常清晰的稳态图, 多参考法的主要好处是

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 50678064), 湖南省科技厅计划重点项目(06FJ3003)

收稿日期: 2006-08-10 修改稿收到日期: 2006-10-08

第一作者 周 云 男, 博士, 1979年 10月生

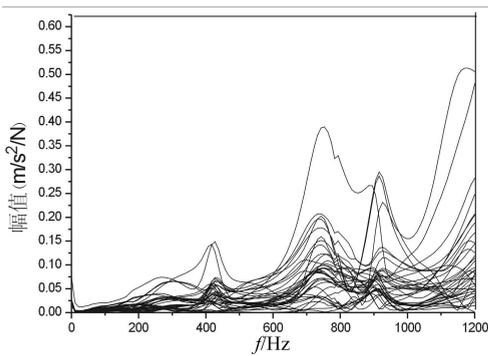


图 2 位移模态试验汇总传函图

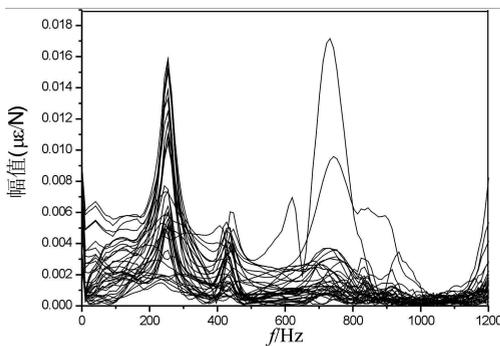


图 3 应变模态试验汇总传函图

SVD 这一步骤能避免分解留数, 密集空间可以分离出来^[8-9]。

其识别步骤与当前作为工业标准的最小二乘复指数法 (LSCE) 很相似。第一步, 建立稳态图, 以判定真实的模态频率、阻尼和参预因子; 其通过建立可以线性化的直交矩阵分式模型^[9]:

$$\frac{[H(\omega)]}{[\alpha_p]z^p + [\alpha_{p-1}]z^{p-1} + \dots + [\alpha_0]z^0} = \frac{[B(\omega)] [A(\omega)]^{-1}}{[\beta_p]z^p + [\beta_{p-1}]z^{p-1} + \dots + [\beta_0]z^0} \quad (1)$$

第二步, 基于正则方程消去系数 β_0 以缩减最小二乘问题:

$$\beta_0 = -R_o^{-1} S_o \alpha \quad (2)$$

由此得到压缩了的正则方程:

$$\left\{ 2 \sum_{o=1}^l (T_o - S_o^T R_o^{-1} S_o) \right\} \alpha = 0 \quad (3)$$

其余的分母多项式系数可通过求解下列最小二乘问题来得出:

$$M \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_{p-1} \end{pmatrix} = -M \begin{pmatrix} 1; m_p \quad 1; m_p \\ \dots \\ 1; m \quad p+1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

它对模态重叠较严重的高阶和大阻尼系统, 或者 FRF 数据受到严重的噪声污染的情况, 都能给出清晰的稳态图, 因此可以识别高密度密集模态。该方法进行传函数的模态分析相当流行, 国外用其进行汽车

飞机^[10]、卫星^[11]、火箭等模态实验的分析。PolyMAX 与土木工程中参数识别结合尚未看到公开发表文献报道。本文利用 IMS Test Lab 中的 PolyMAX 方法进行模态参数分析。

1.3 模态参数识别

稳态图中, o 表示未找到极点; f 表示在给定精度内频率稳定; v 表示频率和模态参与因子稳定; d 表示频率和阻尼稳定; s 表示 3 种参数全部稳定。

利用 PolyMAX 分析得到的传递函数包络稳态图如图 4 所示, 可见在有模态的位置出现一系列稳定的 s 标识, 说明该方法分析得的频率阻尼值稳定, 值得说明的是不仅仅在传函的“尖峰”位置, 而且在“馒头峰”位置或者凭借先验知识无法确定的位置, 都能准确地进行辨别, 并能区分出近似的模态, 例如图 7 中所示的第 4 阶和第 5 阶应变模态。

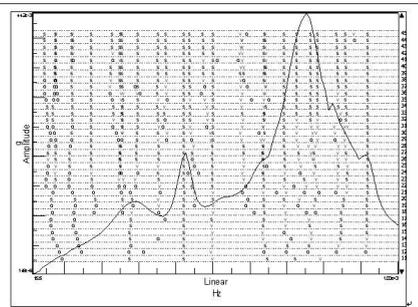


图 4 利用 PolyMAX 分析集总传函稳态图

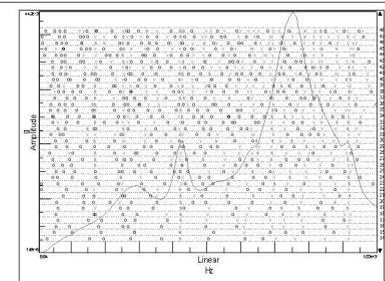


图 5 利用 TimeMDOF 分析集总传函稳态图

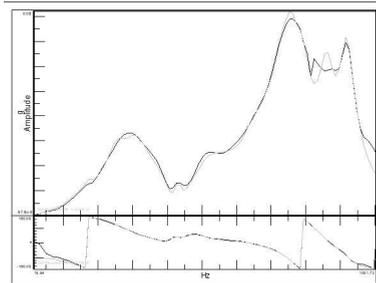


图 6 利用 PolyMAX 分析第一点传函拟合图

利用 TimeMDOF 方法分析得到的稳态图如图 5 所示, 由于时域模态分析方法仅适用于阻尼比小于 5% 的系统, 因此可见其稳态图是杂乱无章的。利用该方法拟合第一点的传递函数相当吻合如图 6 所示。笔者曾用 ME' scope 软件中最小二乘复指数法进行分析, 其只

能分析得到峰值位置处的模态值, 对于高阻尼的模态值则不能识别, 需要通过先验知识强制进行模态夹取来实现, 其识别结果的准确性不高。

因此可见 PolyMAX 在分析该问题中体现出其方法的优势, 关键是能提供准确的模态参数估计值。因此本文的识别工作依此结果进行。

1.4 模态筛选及模态振型

笔者曾利用 ME' scope 软件中的最小二乘复指数法进行该板的模态测试结果分析, 并对厚薄板通用元建立的 Vlasov 地基上自由板的地基参数进行了识别。对自由板振动分析可知地基板的振型可分为模态密集区, 其中前三阶为刚体模态, 以后分别为第二密集区, 呈现两个方向相交的梁-一阶振型, 再后面是第三密集区。第一利用模态振型先验知识以及出现的次序来判断模态振型是否为某一阶固有模态, 而不是局部的振动。第二是利用 MOV 和 MAC 值来判断, MAC 值越小, MOV 值越大则为固有频率可能性越高。

由于力锤激发的力谱线在大于 500 Hz 的情况下衰减加剧, 力谱范围在 800 Hz 左右, 对于地基板每行 6 个点的激励位置略少, 振型结果未达到理想的状况, 则对于高于 500 Hz 的模态结果则不列出。

从图 8 图 9 及分析可以看出, 第 1、2 阶为刚体模态, 其值由于高阻尼性质而使位移模态和应变模态参数识别值有一定的差距, 而第三阶和第四阶则属于第二模态密集区的典型振型, 位移模态和应变模态频率值也相同, 该两阶振型有较高的可信度。

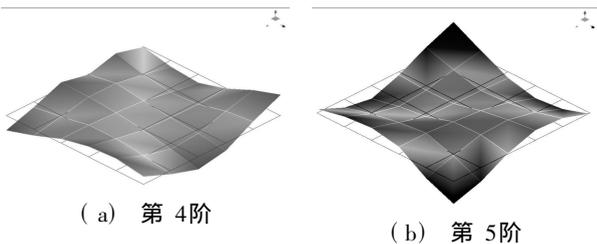


图 7 第 4 阶和第 5 阶应变模态振型图比较

由图 7 可看出 PolyMAX 能分析出将近重频的第 4 阶和第 5 阶应变振型, 说明了其方法的优势。因出现频率和振型稳定, 本文以第三、四阶为主要识别依据。第五阶振型结果未列出。

表 1 利用 PolyMAX 方法分析得到模态参数

模态形式	位移模态		应变模态	
	频率 Hz	阻尼比	频率 Hz	阻尼比
第一阶	69.786	28.3%	41.857	30.36%
第二阶	119.919	36.22%	138.237	28.37%
第三阶	253.887	3.83%	253.746	7.32%
第四阶	422.503	5.42%	422.565	5.64%
第五阶	/	/	441.882	3.72%

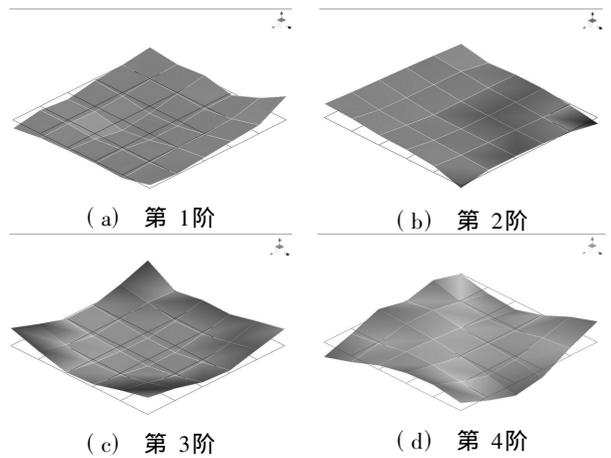


图 8 利用 PolyMAX 分析得到的地基板前 4 阶位移模态振型图

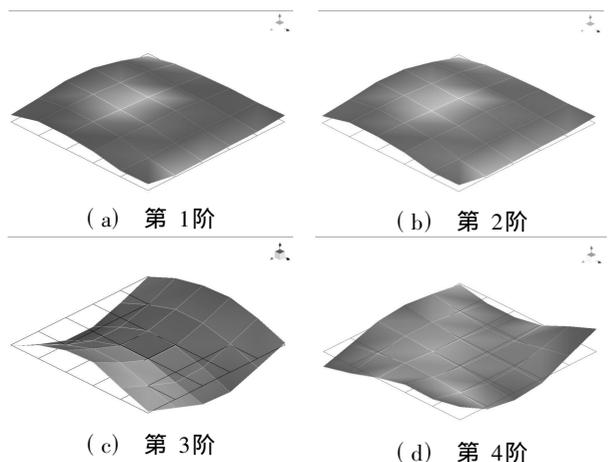


图 9 利用 PolyMAX 分析得到的自由板前 4 阶应变模态振型图

1.5 弹性地基板模态实验的场地经验

从试验中可以发现, 均用同样大小的力对地基板进行的测试所得的结果离散性较大, 究其原因是因为地基系统是一耗散系统, 而地基的不均匀性导致了其测试结果的离散。每次锤击力的大小总保持在基准值的 5% 之内, 得到频率与线性结构相比较 (如基底固定的框架结构仅仅 0.2%), 其离散的数量级较大达到 5% ~ 10%。地基板系统的前两阶模态的阻尼比高达 20% ~ 30%, 因此导致脉冲响应信号衰减迅速。改变锤击力大小对板进行测试, 振动频率与阻尼比并不呈现规律性的升高或降低。可认为本实验中脉冲力量级对板-地基体系的频率测试结果无影响, 可以用弹性地基的各种模型来描述板-土系统。

应变模态为另一较好的测试手段, 其传递函数比位移模态的要清晰, 主要原因应变计则更加突出对混凝土拉伸和压缩应变的采集, 受干扰程度较小。

2 弹性地基上自由板的振动

2.1 弹性地基板的计算

弹性地基主要有 Winkler 和双参数地基, (本文双参数地基主要指 Pasternak 模型和 Fibrenko - Borodich

模型), 基于此则分为 Winkler地基上的自由板和双参数地基上的自由板两种情况。

根据弹性体动力学的哈密顿原理, 地基板振动的变分方程为:

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} (T - V) dt = 0 \quad (5)$$

T 和 V 分别为系统的动势能。在满足边界条件所有位移型几何可能解中, 真正的振型函数 $W(x)$ 满足:

$$\delta (V_m - \omega^2 T_m) = 0 \quad (6)$$

当矩形板两个方向长度较为接近时, 主振型十分接近于两个方向响应边界条件梁函数乘积, 第 (m, n) 阶振型函数又与 x 向响应边界条件梁的第 m 阶梁函数与 y 向相应边界条件的第 n 阶梁函数乘积十分接近。其振型函数可以写为:

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} X_i(x) Y_j(y) \quad (7)$$

当采用有限元方法分析时, 利用矩形薄板单元对板进行分块, 其中矩形板的单元刚度矩阵为:

$$[k] = \int_A [B]^T [D] [B] dx dy \quad (8)$$

(1) Winkler地基压缩刚度贡献项:

$$[k_k] = k \int_A [N]^T [N] dx dy \quad (9)$$

(2) 双参数地基剪切刚度贡献项:

$$[k_t] = T \int_A \left[\left[\frac{\partial N^0}{\partial x} \right]^T \cdot \left[\frac{\partial N^0}{\partial x} \right] + \left[\frac{\partial N^0}{\partial y} \right]^T \cdot \left[\frac{\partial N^0}{\partial y} \right] \right] dx dy \quad (10)$$

$$[M] = ab \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [N^0]^T \mu [N^0] d\xi d\eta \quad (11)$$

其中 k 为地基弹簧刚度项, 而 T 为板边地基力贡献项, a 和 b 为板的长短边。该质量矩阵与 Vlasov地基模型的不同表现为未涉及参振土的质量影响, 形式较为简单。双参数地基板可看成一孤立双参数地基板、一四边简支板和一四角弹支板的叠加, 双参数地基需要考虑板边的地基刚度的贡献。

2.2 弹性地基板的刚体模态

Winkler地基上的自由板前三阶为刚体模态, 呈现整体平动和分别向另外两个方向的转动, 我们定义为纯刚体模态, 如图 10所示(另一方向转动略)。而对于非均匀的 Winkler地基, 由于基床系数不同, 则不存在刚体模态^[6]。均匀双参数地基上的自由板, 由于有板边和板角地基刚度的贡献, 则也不存在纯刚体模态, 而表现为近似刚体模态, 即刚体振型中还存在局部的变形。

而对于实际测试过程中, 前三阶刚体模态表现不明显, 第一、二阶振型表现为近似刚体模态, 但由于实际地基为非均匀地基和锤击力大小的不均, 则刚体运

动不是理想的刚面状况(如板角有局部壳曲), 特别是高阻尼的存在(前两阶中高达 36.22%), 刚体模态被掩盖在传递函数平直的曲线之中, 用一般方法难以识别, PolMAX 强大的功能则能在刚体模态位置做出清晰的稳态图, 即使如此位移模态和应变模态第一、二阶刚体振型值也仅仅近似相等。

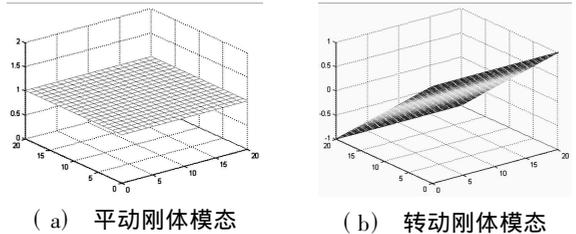


图 10 纯刚体模态振型

3 地基参数识别

经过实验模态分析得到的振型中, 第三阶、四阶模态值稳定, 振型清晰, 可以作为进行地基参数识别的依据。对于 Winkler地基而言, 利用第三阶频率进行地基参数识别。(利用不同阶的模态识别地基参数结果将有区别)类似地, 利用符合第三阶频率和第四阶频率的原则分析得到双参数地基的两个地基参数, 作为识别过程而言条件足够。计算结果如表 2所示。

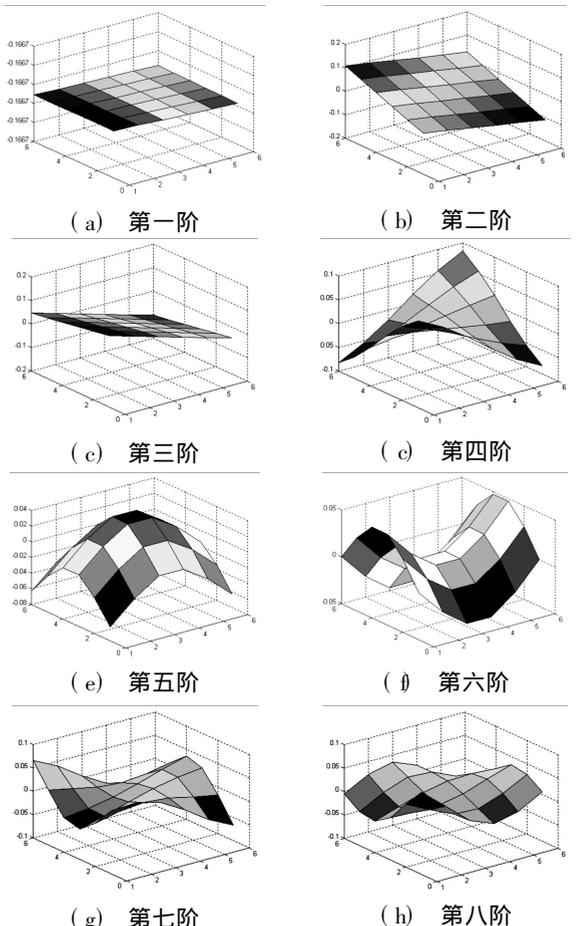


图 11 计算得到双参数地基上自由板振型

计算表明与 Winkler 地基相比, 双参数地基更能反应弹性地基上自由板振动的性质, 计算得到各阶振型如图 11 所示。识别地基参数计算得到 Winkler 地基上第三阶频率为 253.59 Hz 计算得到双参数地基第三阶频率为 253.63 Hz。图 11 中前三阶模态与 Winkler 地基上的稍有不同, 即该三阶为近似刚体模态, 其板上各点并非在一平面上, 由于差异很小未能从图上辨识出来, 图 11 中第 5 阶和第 7 阶(第 7 和第 8 阶值相同)与测试得到的第三阶和第四阶频率对应。

值得指出的是, 如欲使计算各阶模态值与实测值相符更好, 则需要对板-土振动机理和计算模型进行进一步研究。

表 2 地基的识别参数

地基形式	winkler 地基	双参数地基	
参数	k	k	T
识别地基值	1.41e8	1.12e8	6e7

4 地基不均对模态参数的影响

在测试中, 地基条件是不均匀的, 在计算模型中 winkler 地基模型和双参数地基模型的参数对于整个地基板而言是常数, 即单元各结点均为相同值, 现假设地基值是不均匀的, 利用蒙特卡罗模拟, 各参数值以正态分布 5% 的标准差变化, 计算测试第三阶频率值的变化, 计算 5 000 次。经假设检验, 两种地基上的计算频率值仍然服从正态分布。

计算结果如表 3 和图 12 所示, 两种地基上各参数以 5% 的标准差变化时, 对于测试第三阶频率的影响有所不同。双参数模型中 T 对结果影响可以忽略不计, 而双参数模型中 k 的标准差将近 4 倍于 Winkler 地基中的 k 的标准差, 说明在双参数地基中, 地基参数的微小变化将会影响到相应频率值的较大变化, 地基的离散性是影响参数识别结果的重要原因。

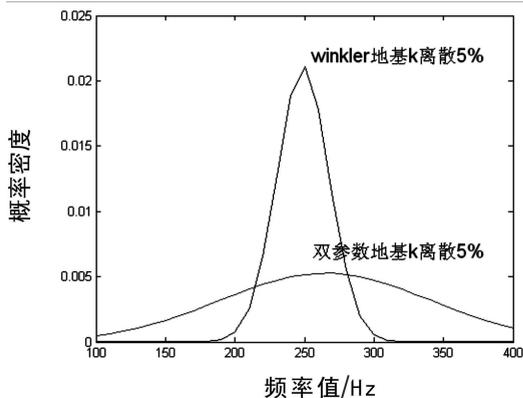


图 12 两种地基上第三阶频率的概率密度函数

表 3 蒙特卡罗模拟得到频率值

地基形式	Winkler 地基	双参数地基	
参数变化	k 标准差 5%	k 标准差 5%	T 标准差 5%
频率均值	248.99	265.13	253.63
频率标准差	18.914	75.64	2e-13
均值范围	248.46 ~ 249.51	263.03 ~ 267.23	253.63 ~ 253.63
标准差范围	18.55 ~ 19.29	74.18 ~ 77.15	1.76e-13 ~ 2.32e-13

5 结 论

利用 PolyMAX 对弹性地基板进行了模态参数识别, 并利用模态参数对基于 Winkler 和双参数地基模型的地基参数进行了识别, 得到的主要结论如下:

1) 利用 PolyMAX (多参考点复频域法) 对具有高阻尼和重频性质的弹性地基板进行了模态参数识别, PolyMAX 强大的分析功能比 ME' scope 中的最小二乘复指数法更能识别复杂的传递函数情形, 传递函数拟合结果相当好。

2) 模态分析得到的板各阶模态中, 前两阶为阻尼较高的刚体模态, 第三、四阶为准确识别得到的振型频率值, 位移模态和应变模态能相互印证。纯刚体模态只存在理想的 Winkler 地基之中, 非均匀 Winkler 地基和双参数地基中只存在近似刚体模型, 实际地基的复杂性和高阻尼也导致近似刚体模态。

3) 通过对 Winkler 地基板和双参数地基板的反分析计算识别得到了两种地基模式下的地基参数值, 理论计算说明双参数地基更能反应薄板在地基上的自由振动特性。

4) 通过蒙特卡罗模拟计算在地基参数以 5% 的标准差变化情况下的测试第三阶频率的变化, 发现双参数地基中 k 的变化对频率结果影响相当明显, 地基的离散性是影响参数识别结果的重要原因。

本文为 PolyMAX 在土木工程中的应用提供了成功的范例, 对地基上自由板振动问题的成功解决、为道路工程的损伤诊断提供了手段和方法。

参 考 文 献

[1] Soheil N, Srinivasa R. Study of parameters affecting impulse response method [J]. Journal of Transportation Engineering, 1996, 122(4): 308-315.

[2] Niels S, Mattia Allen G. Theoretical interpretation of impulse response tests of embedded concrete structures [J]. Journal of Engineering Mechanics, 2004, 130(9): 1062-1071.

[3] 许金余, 邓子辰. 机场刚性道面动力分析 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2002.

[4] 梁新政, 王复明, 孔宪京. 路基模量反演结果分析 [J]. 岩土工程学报, 2000, 22(5): 619-621.

[5] 曾 亚. 混凝土刚性路面板静、动力特性及损伤诊断研究 [D]. [学位论文]. 长沙: 湖南大学, 1998.

- [6] 张望喜. 混凝土地板静、动力特性试验与研究 [D] : [学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2002.
- [7] 黄义, 何芳社. 弹性地基上的梁、板、壳 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] Bart P, Patrick G, Herman V D A etc. Automotive and Aerospace Applications of the PolyMAX Modal Parameter Estimation Method [J]. In Proceedings of MAC 22 Dearborn MI USA, 2004.
- [9] Bart P, Herman V D A, Patrick G etc. The PolyMAX fre-

- quency-domain method: a new standard form modal parameter estimation [J]. Shock and Vibration, 2004 (11): 395-409.
- [10] Herman V D A, Jan L. A new testing paradigm for today's product development process Part 2 [J]. Sound and Vibration, 2005 (11): 18-22.
- [11] Peter A, Raj S, Bart P etc. Modal parameter estimation for large complicated MIMO tests [J]. Sound and Vibration, 2006 (1): 14-20.

(上接第 113 页)

设计, 并且为便于比较, 同时取定 $(u_0, g_2) = (0.5, 0.5)$, 只对调谐比与阻尼比进行优化设计, 这两种优化设计方法所设计的吸振器的控制效果如图 8 所示。可见, 两种优化设计方法所取得的控制效果在宽长比 R 较大时趋于一致, 随着 R 的减小, 差别也越明显。这是因为在 R 较大时, 高阶模态离第一阶模态较远, 对第一阶共振区影响较小, 此时吸振器能否对高阶模态起到有效的抑制作用, 对控制效果影响不大, 而在 R 较小时, 情况正好相反。所以, 可以视宽长比的大小和所期望的控制效果来决定是否对吸振器的安装位置进行优化设计。在实际工程中, 可以测试出主振系上响应较大的点, 以此作为吸振器的安装位置。

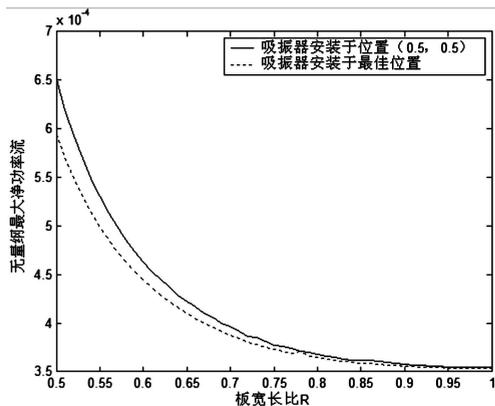


图 8 吸振器置于不同点的控制效果比较

3 结论

本文从能量传输的角度研究了简支矩形薄板的吸振控制问题, 并以控制板的第一阶共振为例, 进行了详细的数值计算和分析。研究结果显示: 最佳调谐比和阻尼比分别随质量比的增大大体上有减小和增大的趋势; 通过增大质量比来提高控制效果在质量比较大时不理想; 吸振器的结构参数对板的损耗因子不敏感, 实际工程中不需要知道精确的损耗因子值, 可以视宽长

比的大小和所期望的控制效果来决定是否对吸振器的安装位置进行优化, 实际工程中可以用测试的方法来测定主振系上响应较大的点作为吸振器的安装位置。

参考文献

- [1] Young D. Theory of dynamic vibration absorbers for beams. Proceedings of the First U. S. National Congress of Applied Mechanics, 1952: 91-96.
- [2] Snowdon J C. Vibration of cantilever beams to which dynamic absorbers are attached [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1965, 39(5): 878-886.
- [3] Jacquot R G. Optimal dynamic vibration absorbers for general beam systems [J]. Journal of Sound and Vibration, 1978, 60(4): 535-542.
- [4] Aida T, Aso T, Nakamoto K, Kawazoe K. Vibration control of shallow shell structures using a shell-type dynamic vibration absorber [J]. Journal of Sound and Vibration, 1998, 218(2): 245-267.
- [5] Jacquot R G. The spatial average mean square motion as an objective function for optimizing damping in damped modified systems [J]. Journal of Sound and Vibration, 2003, 259(4): 955-965.
- [6] El-Khatib H M, Mace B R, Brennan M J. Suppression of bending waves in a beam using a tuned vibration absorber [J]. Journal of Sound and Vibration, 2005, 288(4-5): 1157-1175.
- [7] Wu C J, White R G. Reduction of vibrational power in periodically supported beams by use of a neutralizer [J]. Journal of Sound and Vibration, 1995, 178(2): 329-338.
- [8] 王敏庆, 盛美萍, 孙进才. 宽频带动力吸振器功率流特性研究 [J]. 声学学报, 2002, 27(2): 121-123.
- [9] 王彦琴, 盛美萍, 孙进才. 变截面梁-板耦合结构的功率流 [J]. 振动与冲击, 2005, 24(2): 33-36.
- [10] 王全娟, 夏松波, 黄文虎. 基于功率流方法的连续参数系统动力吸振器的优化设计 [J]. 声学学报, 2003, 28(3): 267-271.

modification of finite element model

STUDY ON IDENTIFICATION OF MODAL PARAMETERS BASED ON MORLET WAVELET TRANSFORMATION

LUO Guang-kun ZHANG Ling-mi

(Institute of Vibration Engineering Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing 210016 China)

Abstract An applicable computing approach for wavelet transformation coefficients is presented using both convolution and Parseval theorem. Identification technique of modal parameters of a system, such as undamped natural frequencies, damping ratios and especially modal shapes based on least square is introduced using the system free response data. Modal parameter identification method based on modified Morlet wavelet is proposed, it is effective to systems with crowded modes. The simulation result of a 3 degrees of freedom system shows that the technique based on Morlet wavelet transformation can be applied to modal parameter identification with higher accuracy.

Key words wavelet transformation Morlet wavelet modal parameter identification

EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS OF A SLAB ON ELASTIC FOUNDATION BY POLYMAX METHOD

ZHOU Yun YI Wei-jian

(Hunan University Changsha 410082 China)

Abstract The modal test of an edge free slab on elastic foundation is done by hammer impulse method. The traditional methods which are difficult to identify modal parameters of structures with overlap modal frequencies and high modal damping are not used here. On the contrary, the PolyMAX method of the software IMS Test Lab is used to estimate and identify modal parameters in the transfer functions of the slab. Measuring and analyzing indicate that there are no rigid body modes in the edge free slab on the actual foundation. The identified modal frequencies are used to identify parameters of the Winkler foundation and the two-parameter foundation. The Monte Carlo simulation process is conducted during the foundation parameters varying with 5% standard deviation. It is found that the non-uniformity of the foundation has significant influence on the modal frequencies of the slab on elastic foundation. The proposed technique is applicable for foundation parameter identification and damage diagnosis of concrete slabs used in road and geotechnical engineering.

Key words slab on elastic foundation modal analysis PolyMAX method rigid body mode identification of foundation parameter

NEW METHOD FOR TIME-HISTORY ANALYSIS OF SEISMIC RESPONSES OF A BASE-ISOLATED STRUCTURE

HAN Ai-hong¹, ZHANG Xin-zhong^{1,3}, DENG Zhi-chen^{1,2}, ZHANG Ya-feng¹, SONG Zao-xue¹

(1. School of Mechanics and Civil Engineering & Architecture Northwestern Polytechnical University Xi'an 710072)

2. State Key Laboratory of Structural Analysis of Industrial Equipment Dalian University of Technology Dalian 116023

3. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power Zhengzhou 450008)

Abstract The broken line type of restoring force model of an isolation equipment with inter-storey shear type for a base-isolated structure is used to study its seismic elastoplastic responses. After comparing advantages and disadvantages of current various computing methods, a new method called dimensional increment and partitioning precise integration method (PM) is proposed. With it, structural properties and external excitations can be considered separately and solving exponential matrices by PM in each iteration step can be avoided. Typical numerical examples show that the proposed meth-