

无粘结预应力钢筋混凝土梁的静动力实验研究及刚度识别

易伟建¹, 周云¹, 曹冰²

(1. 湖南大学土木工程学院, 长沙 410082 2. 北京市建筑工程研究院, 北京 100039)

摘要: 对一实验室中无粘结预应力混凝土梁进行了静动力实验研究, 得到了三种不同工况下的静力测试结果以及前 8 阶模态测试结果。对传统的简单遗传算法进行了改进, 融合了模拟退火技术的思想, 建立了遗传退火算法的串行结构, 提高了遗传算法的全局搜索能力。利用遗传退火混合算法, 基于梁的前 8 阶模态值对梁的基线模型进行了识别, 并识别了各损伤工况下梁刚度的动力损伤系数。利用静力荷载挠度关系对各阶段梁静力刚度损伤系数进行了研究。比较了无粘结预应力混凝土梁动静刚度之间的规律。

关键词: 预应力混凝土梁; 遗传退火混合算法; 损伤诊断; 刚度识别

中图分类号: TU317⁺.1 **文献标识码:** A

预应力混凝土梁在桥梁、房屋中大量地被利用, 在各种荷载、温度、锈蚀、冻融循环等条件下, 容易产生损伤开裂。传统的损伤检测方法包括目测、超声、红外线、X光等等, 而利用动力的方法对预应力梁结构进行损伤诊断则更加方便快捷, 国外有许多学者进行了该问题的研究。Said 等^[1]用振动测试方法研究了预应力与特征频率的关系, 提出了预应力混凝土梁中有效刚度的概念。Ren 等^[2,3]利用模态特性的改变来识别损伤, 基于模态频率和振型的改变, 提出了两点加载的梯形损伤分布图进行损伤程度判别。Xia 等^[4]对一钢筋混凝土梁板结构进行动力测试, 基于灵敏度分析的模型修正的技术得到损伤结构的损伤程度、残余刚度、承载能力。Unge 等^[5]使用迭代的灵敏度算法求解优化问题, 利用模态曲率来分析其影响。Unge 等^[6]进行了预应力混凝土梁的静动力实验研究, 引入损伤函数图进行了在每级载荷下的损伤判别。利用小波变换得到梁的非线性特征。

Friswe 等^[7]较早地利用遗传算法处理损伤诊断问题, 结合特征值灵敏度方法进行局部损伤程度搜索。易伟建等^[8]为了让遗传算法更适用于结构工程损伤诊断领域, 提出了多父体变量级杂交和变量微调等新的改进策略, 并运用于固端梁的损伤诊断。Levin 等^[9]比较了模拟退火算法和遗传算法在模型修正中的应用, 提出了一种不同的模拟退火算法用来寻找最有效的可能解。

本文对实验室条件下的无粘结预应力混凝土梁进行静动力实验研究, 得到了各种不同的损伤工况。基于混合遗传算法对损伤后的各种工况进行了基于模型

修正的损伤区域和损伤系数识别, 比较了动—静力方法识别无粘结预应力混凝土梁刚度的差别。

1 无粘结预应力混凝土梁静动力实验研究

1.1 无粘结预应力混凝土梁静载实验研究

本文研究对象为实验室条件下无粘结部分预应力混凝土简支梁, 记为 PC-1。构件设计参照《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)。混凝土设计强度等级为 C40 水泥采用 525 普通硅酸盐水泥, 纵向非预应力钢筋为 HRB335 级钢筋, 箍筋为 HPB235 级钢筋, 综合配筋指标为 0.27。试验构件材料实测值如表 1 所示。无粘结预应力筋采用 Φ 15 钢绞线, 施工时将无粘结预应力筋准确定位, 并与普通钢筋一起绑扎形成钢筋骨架; 放入钢模就位浇筑混凝土; 养护 28 天待混凝土达到预期强度后, 两端穿入压力传感器及锚具, 利用构件本身作为受力台座进行张拉(一端锚固一端张拉)。采用类锚具。采用 OVM 夹片锚具, 由夹片、锚板、锚垫板及网格钢筋等组成。利用双作用千斤顶进行张拉预应力为 280 kN。

表 1 试验构件实测材料参数表

材料参数	数值	材料参数	数值
f_{tk} (N/mm ²)	38	σ_{pc} (N/mm ²)	848
E_c (10 ⁴ mm ²)	3.21	f_y (N/mm ²)	380
f_{yk} (N/mm ²)	1.860	f_{yv} (N/mm ²)	345

试验装置及仪表布置如图 1 所示。电阻应变片及百分表位置如图所示。用千斤顶加载, 用 1.5m 分配梁将千斤顶施加的荷载平均分配到试验梁, 百分表、应变片分别记录下各级荷载下的挠度、应变。为了减小在振动测试过程中试验台座的影响, 分别在试验梁与铰支座、铰支座与刚性台座、刚性台座与地槽的接触面用高强度水泥砂浆粘结, 两个支座钢板与滚轴的接触面上涂抹黄油。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 50678064), 湖南省科技厅科技计划重点项目(06FJ003)

收稿日期: 2007-04-19 修改稿收到日期: 2007-06-13

第一作者 易伟建 男, 教授, 博士生导师, 1954年 6月生

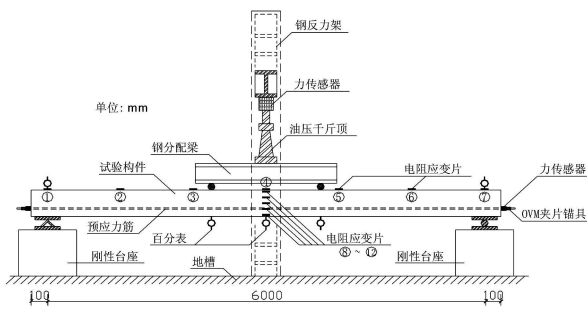


图 1 静力加载装置及测点布置示意图

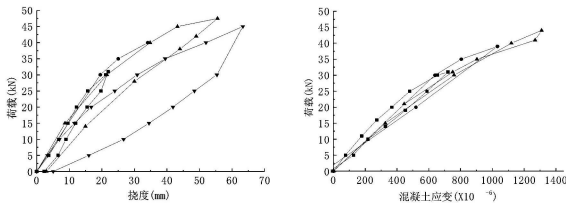


图 2 PC-1 的荷载挠度曲线与应变关系曲线

静载实验利用千斤顶加载, 试验加载过程采用分阶段加载直至梁被破坏, 以便得到不同损伤程度的梁, 主要分为三个阶段: Case I: 静力加载至梁开裂; Case II: 静力加载使梁裂缝开展, 控制弯矩为梁对应弯矩的 1.3 倍, 并且最大宽度不小于 0.2 mm ; Case III: 静力加载至梁被破坏。未损伤的原始状态记为 Case 0。图 2 给出了 PC-1 梁跨中的荷载—挠度曲线。PC-1 荷载—挠度曲线没有明显转折点, 更接近抛物线形式, 挠度小, 卸载后残余变形小, 说明预应力梁相比钢筋混凝土梁承载能力提高, 延性降低。图 2 给出了图 1 中第 ④ 点的荷载—应变曲线, 可看出其压应变在梁的卸载过程中能很好地恢复。图 3 所示为梁在各级荷载作用下的裂缝图 (其中竖向划分为单元位置)。表 2 所示为试验构件的静力损伤特征。

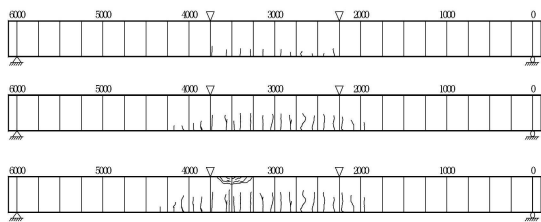


图 3 梁在各级荷载作用下的裂缝图

从加载到破坏, 梁的受力可以大致分为三个阶段: 弹性阶段、带裂缝工作阶段和屈服阶段。受拉区混凝土开裂和钢筋达到屈服是划分三个受力阶段的界限状态。梁的破坏从预应力钢筋的过度伸长开始, 混凝土

最终被压碎, 随荷载的增加, 钢材出现较大的塑性伸长, 关键截面的中性轴向受压区逐渐上升, 形成集中的塑性变形区域, 而其它截面裂缝开展缓慢, 挠度激增, 具有“塑性破坏”的特征。自第一批裂缝在跨中区域最薄弱截面出现后, 随着荷载的增加, 损伤程度的加剧, 裂缝逐个出现。裂缝间距减小, 裂缝高度、宽度增大。当达到一定程度的损伤后, 裂缝的分布趋于稳定状态, 即裂缝间距趋于稳定。

表 2 试验构件损伤特征 (mm)

荷载 /kN	31	40	47.5
平均裂缝间距	143	117	113
平均裂缝高度	59	113	150
最大裂缝高度	89	152	190
最大裂缝宽度	0.16	0.58	0.89

1.2 无粘结预应力混凝土梁模态实验研究

在四种不同的工况下, 在卸载的情况下, 将梁划分为 24 个单元如图 3 所示, 利用脉冲锤击法测取梁的模态参数。用力锤在第 1 至 25 点轮流瞬态激振, 在第 12 点采用压电式加速度传感器单点拾振, 力信号和加速度响应信号经电荷放大器放大后由东方噪声 NV306D 多通道数据采集仪采集后送到装有 DASP 软件的计算机中储存, 经傅立叶变换得到加速度传递函数曲线, 传递函数集总平均后搜集模态阶数, 采用多自由度模态拟合及质量归一, 得到各阶频率以及振型。

表 3 测试得到 PC-1 固有频率 (Hz)

损伤状态	张拉完毕	开裂状态	裂缝开展	破坏状态
第一阶	15.06	14.63	14.39	13.03
第二阶	59.81	58.60	57.67	56.34
第三阶	129.63	126.57	124.24	118.27
第四阶	218.71	212.73	208.26	198.26
第五阶	315.60	309.54	301.26	292.10
第六阶	545.45	504.19	515.88	512.67
第七阶	714.91	695.82	683.90	671.21
第八阶	837.29	825.89	816.32	790.14

从表中可以看出随着损伤的增加, 各阶频率均有不同程度地下降, 其中高阶模态下降的幅度更大, 各阶模态振型也有着微小的差别。测试得到的各阶模态频率和振型的是进一步损伤诊断的基础。

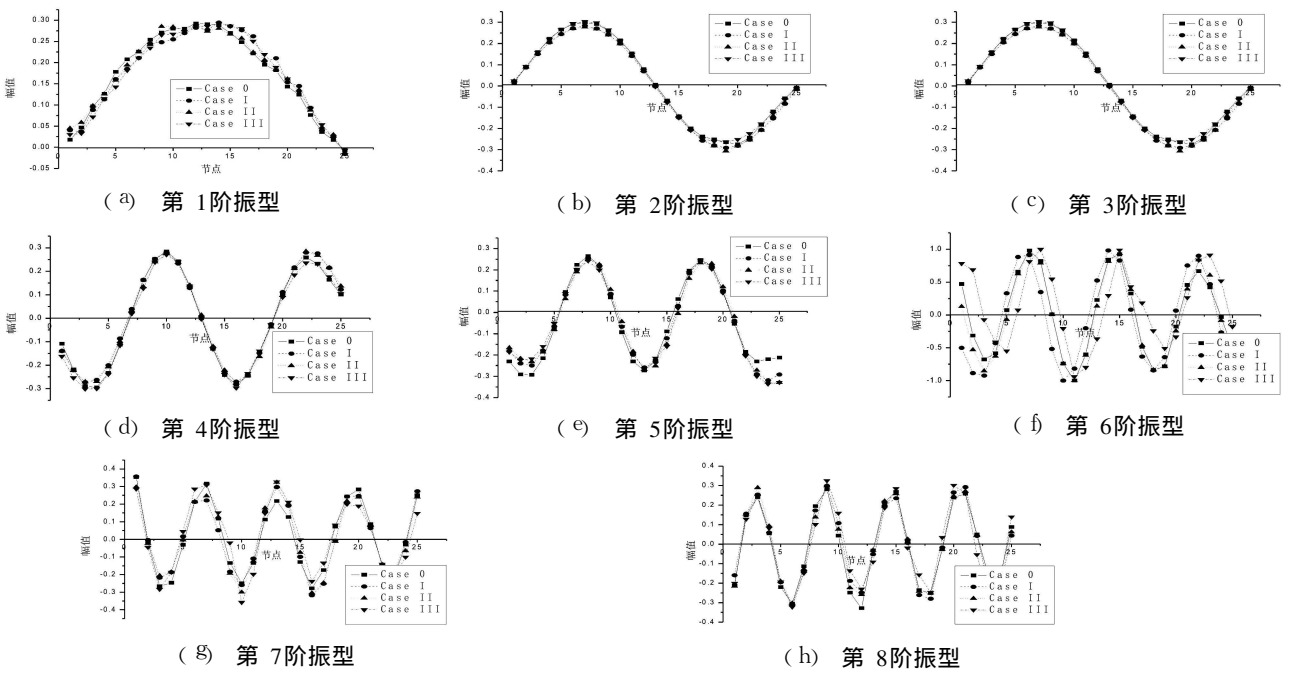


图 4 测试得到 PC-1 位移振型曲线

2 遗传模拟退火混合算法

2.1 模拟退火算法的基本思想

模拟退火算法 (Simulated annealing algorithm, SA) 属于一种非线性反演, 思想来源于模拟液体冷却而结晶时的物理状态。模拟退火算法的思想是在某一初温下, 伴随温度参数的不断下降, 结合概率突跳特性在解空间中随机寻找目标函数的全局最优解。模拟退火算法的思想是 Metropolis 提出的, 该算法对应固体在某一恒定温度下趋于热平衡的过程, 也就执行了一次 Metropolis 准则:

$$P = \begin{cases} 1 & (E(x_{new}) < E(x_{old})) \\ \exp\left[-\frac{E(x_{new}) - E(x_{old})}{T}\right] & (E(x_{new}) > E(x_{old})) \end{cases} \quad (1)$$

该式的含义为: 两者的能量分别为 E_i 和 E_j , 若 $E(x_{new}) < E(x_{old})$, 则接受新状态为当前状态; 否则, 若概率 $\exp[-(E(x_{new}) - E(x_{old}))/T]$ 大于 $[0, 1]$ 区间内的随机数则仍旧接受新状态为当前状态, 若不成立则保留状态为当前状态, 其中 k 为 Boltzmann 常数。

该种过程多次重复, 经大量迁移后, 系统将趋于能量最低的平衡态, 各状态概率分布将趋于某种正则分布。开始时 T 值大, 可能接受较差的恶化解; 随着 T 值的减小, 只能接受较好的恶化解, 最后在 T 值趋于零时, 就不再接收任何恶化解, 这就使模拟退火算法既可以从局部最优的“陷阱”中跳出。

2.2 遗传模拟退火混合算法

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 与传统优化搜索

方法不同的是, 它通过搜索整个求解空间出发, 因此能获得整体的优化解。达尔文的进化论中的复制、适者生存、交叉和变异思想被用来创造新的种群。有人证明简单遗传算法无法达到全局最优, 表现出“欺骗问题”和“早熟问题”。混合遗传算法是解决该问题很好的思路。本文将在 GA 的算法上融入模拟退火的思想。

把 GA 和 SA 方法融合, 形成了 GASA 算法, 本文将 GA 和 SA 结合为串行结构 (如图 5)。GA 和 SA 这两种算法优化机制能很好地融合, SA 采用串行优化结构, 赋予搜索过程一种时变最终趋于零的概率突跳性, 避免局部极小并最终趋于全局最优, 缺乏冗余和历史搜索信息; GA 采用群体并行搜索, 则通过概率意义下的基于“优胜劣汰”思想的群体遗传操作来实现优化, GA 和 SA 结合, 使算法对参数的依赖程度降低并提高了全局搜索能力^[10-11]。

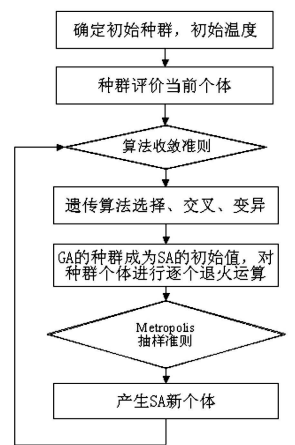


图 5 遗传退火混合算法结构图

3 无粘结预应力混凝土梁的动力刚度识别

3.1 混合算法的参数设置

对梁的动力刚度识别采用 GASA 算法进行。在遗传算法部分中, 采用格雷编码方式 (Gray Code)。初始种群为 100 进化代数 100 使用代沟为 0.9 选择方

式为随机遍历抽样准则, 采用洗牌交叉方式, 交叉概率为 0.7 变异概率为 0.003

在模拟退火算法部分中, 初始温度为 $T=50^{\circ}\text{C}$, 以实数编码为基础, 对遗传算法产生的各染色体并行搜索, 状态产生函数的优化方案为 $x(k+1) = x(k) + \eta \cdot \xi$ 其中 η 为扰动幅度参数, η 的分布采用高斯分布机制, 其概率密度函数取为:

$$f(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{\xi^2}{2\sigma^2}\right\} \quad -\infty < \xi < \infty \quad (2)$$

其中 σ 为方差。退温参数选为其中 $T = T_0 (0.95^{g-1})$, 其中 g 为退温代数。其中目标函数的选取依据以下的准则, 基于频率的误差函数被定义为测量频率和预测频率相对误差的加权平方和:

$$J_{\omega} = \sum_{i=1}^{N_f} [(\omega_{m_i} - \omega_{a_i}) / \omega_{m_i}]^2 \quad (3)$$

模态振型误差被定义为:

$$J_{\phi} = \frac{1}{N_{\phi}} \sum_{i=1}^{N_{\phi}} (\phi_{m_i} - \phi_{a_i})^T (\phi_{m_i} - \phi_{a_i}) \quad (4)$$

其中 ω_m 和 ω_{ϕ} 为第 i 阶段测量频率和理论计算频率, ϕ_m 和 ϕ_a 为第 i 阶测量模态振型和理论模态振型, N_{ϕ} 为选择模态的数量。对于频率和模态振型均为最小的优化准则定义如下:

$$J_{\phi\omega} = W_1 J_{\omega} + W_2 J_{\phi} \quad (5)$$

其中 W_1 和 W_2 为频率和振型组合参予因子, 本文取为 1:1

3.2 基线模型的选择

在进行损伤诊断研究之前, 对于初始计算模型的选择是十分重要的, 它关系着损伤诊断问题的精确程度。本文选择三种不同梁的计算模型, 即 Euler 梁模型、Timoshenko 梁模型以及带刚臂梁^[12]模型。按照梁的原始物理参数建模进行计算, 计算结果如表 4 所示。由表 4 可以看出, Euler 梁的计算结果与原始测试结果规律性较符合。在测试振型中发现在支座位置的振型不为零, 因此本文基于 Euler 梁模型进行进一步改进, 采用两端支座带弹簧和质量块的计算模型, 该模型考虑了支座边界导纳不为 0 影响, 并考虑了支座位置的参振质量的影响, 如图 6 所示。利用 GASA 算法进行基线模型参数识别如表 5 所示。

表 4 不同模型的初始计算值 (Hz)

损伤状态	张拉完毕	Euler 梁	Tim 梁	刚臂梁
第一阶	15.06	13.41	13.37	13.33
第二阶	59.81	53.66	53.04	51.99
第三阶	129.63	120.79	117.72	106.37
第四阶	218.71	214.88	205.48	223.05
第五阶	315.60	336.01	313.99	326.73
第六阶	545.45	484.34	440.79	495.71
第七阶	714.91	660.04	583.46	707.56
第八阶	837.29	863.32	739.83	879.06

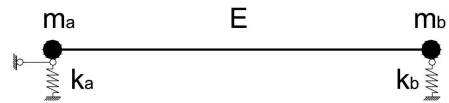


图 6 带弹簧和质量块的改进 Euler 梁模型

表 5 基线模型初始值

待识别量	改进的 Euler 梁	Euler 梁
E (Nm ²)	3 914 e10	3 698 e10
k _a (N/m)	9 566 e9	/
k _b (N/m)	9 396 e9	/
m _a (kg)	329.96	/
m _b (kg)	112.24	/

3.3 基于模型修正的动力刚度识别

针对无粘结预应力混凝土梁的特点, 在加载点至支座点之间的地方, 损伤发生以及裂缝开展不明显, 因此提出如图 7 所示的两点对称加载变刚度梁模型。利用该模型进行修正时假设加载点至支座之间的 x 段刚度为基线模型刚度不变, 而刚度下降段则在 $(x_1, L-x_1)$ 为局部刚度下降区域, 且刚度变化中只有 E 的值变化, 设 x_1 为单元长度的整数倍, 即 $x_1 \geq 250\text{mm}$ 以及 γ_d 为待识别量, 识别得到的结果如表 6 所示。

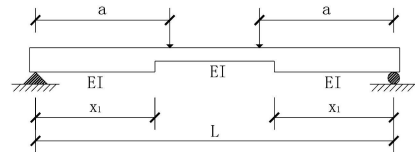


图 7 两点对称加载变刚度梁模型

表 6 梁的损伤区域及刚度系数识别

模型	Euler 梁		改进的 Euler 梁	
	x_1/mm	γ_d	x_1/mm	γ_d
Casq	8×250	0.863	8×250	0.759
CasqI	7×250	0.839	7×250	0.738
CasqII	6×250	0.724	6×250	0.727

4 无粘结预应力混凝土梁的静力刚度识别

由材料力学可知, 简支梁在两点对称加载情况下的跨中挠度公式为:

$$\Delta = \frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \quad (6)$$

式中, Δ 为与频率符号相区别, 以 Δ 表示跨中挠度; L 为简支梁跨度; a 为加载点至支座距离。利用实测的跨中挠度和荷载值代入上式, 可以求得弹性阶段未出现裂缝时的静力刚度。

在识别梁出现裂缝后的静力刚度时采用如图 7 所

示模型。 γ_s 为损伤后裂缝截面的刚度损失系数。利用材料力学中的图乘法求跨中挠度可得:

$$\Delta = \frac{P\bar{x}}{2EI} + \frac{P(a-\bar{x})}{6\gamma EI} \left[(2\bar{x}+a)\bar{x} + (2a+\bar{x})a \right] + \frac{Pa}{8\gamma EI} (L^2 - 4a^2) \quad (7)$$

由实测跨中挠度值、荷载值及裂缝位置 (\bar{x} , $L-\bar{x}$) 代入式 (7), 即可求出 γ_s 从而求出损伤后的最薄弱截面的刚度, 通过 γ_s 可以识别梁的损伤程度。

表 7 给出 PC-梁静力刚度的识别结果。根据构件的损伤位置、损伤程度可知, 在损伤不严重的时候, 裂缝在两加载位置之间均匀分布。损伤严重的情况下, 是局部截面破坏造成。

表 7 静力刚度系数识别

工 况	\bar{x} /mm	γ_s
Casq	9×250	0.97
CasqII	7.3×250	0.74
CasqIII	6.6×250	0.50

通过以上动静刚度识别分析可以看出, 预应力混凝土梁的动模量要大于静模量, Euler梁模型为 15.2%, 改进的 Euler梁模型为 21.9%。这与许多学者研究结论相一致, 如 [3] 中的 RC梁动模量为静模量的 12%, 文献 [12] 中 RC梁初始动刚度为静刚度的 21%。在本文的两点对称加载变刚度梁模型中, 动静刚度的损伤系数并不能互为对比, 静动力刚度的差别在于动力刚度的测试是在每级荷载卸载之后进行的, 由于无粘结预应力筋的影响, 开展的裂缝又重新闭合, 导致 CasqII 的 γ_d 要大于 γ_s 约 0.22。在三种工况中, 动力损伤系数增加幅度较小, 主要的损伤过程发生在 Casq 中; 而静刚度识别过程中, 则主要的损伤系数增加发生在 CasqII 和 CasqIII 中。另外, 动力损伤识别是以 E 为目标, 而静力损伤识别是 E 为目标也是导致其差异的原因。

5 结 论

本文基于遗传退火混合算法进行了预应力梁的损伤识别, 得到的主要结论如下:

1) 进行了无粘结预应力混凝土梁的静动力实验研究, 得到了三种不同的损伤工况。测试得到了各工况下的静力损伤特征, 并测试得到了各工况下的前 8 阶模态;

2) 鉴于简单遗传算法难以寻找到全局最优解以及出现的“欺骗问题”和“早熟问题”, 将模拟退火算法

融合进入遗传算法形成串行结构, 改善了遗传算法的寻优能力;

3) 利用改进的 Euler梁模型进行改进, 基于两点对称加载的变刚度梁模型, 对各损伤工况下的损伤区域和损伤程度进行了识别, 并与静力刚度进行了对比。发现动模量大于静模量, 损伤工况之间的损伤系数降低较小, 静力损伤系数则分级明显。这体现了无粘结预应力混凝土构件的特点。

参 考 文 献

- [1] Saidi M, Douglas B, Feng S. Prestress force effect on vibration frequency of concrete bridges [J]. Journal of Structural Engineering ASCE, 1994, 120(7): 2233-2241
- [2] Ren W X, Guido D R. Structural damage identification using modal data I: Simulation verification [J]. Journal of Structural Engineering ASCE, 2002, 128(1): 87-95
- [3] Ren W X, Roeck G D. Structural damage identification using modal data II: Test Verification [J]. Journal of Structural Engineering ASCE, 2002, 128(1): 96-104
- [4] Xia P Q, Brownjohn J M W. Bridge structural condition assessment using systematically validated finite element model [J]. Journal of Bridge Engineering ASCE, 2004, 9(5): 418-423
- [5] Unger J F, Teughels A, Roeck G D. Damage detection of a prestressed concrete beam using modal strains [J]. Journal of Structural Engineering ASCE, 2005, 131(9): 1456-1463
- [6] Unger J F, Teughels A, Roeck G D. System identification and damage detection of a prestressed concrete beam [J]. Journal of Structural Engineering ASCE, 2006, 132(11): 1691-1698
- [7] Friiswell M J, Penny J E T, Garvey S D. A combined genetic and eigensensitivity algorithm for the location of damage in structures [J]. Computers and Structures, 1998, 69: 547-556
- [8] 易伟建, 刘 霞. 基于遗传算法的结构损伤诊断研究 [J]. 工程力学, 2001, 18(2): 64-71
- [9] Levin R J, Lieven N A J. Dynamic finite element model updating using simulated annealing and genetic algorithms [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 1998, 12(1): 91-120
- [10] 康立山, 谢 云, 尤矢勇等. 非数值并行算法—模拟退火算法 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [11] 王 凌. 智能优化算法及其在应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [12] 王迪薇. 钢筋混凝土梁动力刚度与破损评估研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 1999

DYNAMIC RESPONSE TO A PLATE ON ELASTIC FOUNDATION UNDER MOVING LOAD WITH VARYING VELOCITY

ZHONG Yang, ZHOU FuLi, ZHANG Yong-Shan

(1 School of Civil Engng. Dalian Univ. of Tech. Dalian 116024

2 School of Civil Engng. Guangzhou Univ. Guangzhou 510405)

Abstract Dynamic response of a plate on elastic foundation under moving loads with varying velocity is investigated and the analytical solution of its dynamic deflection and stress is obtained by using the 3-dimensional Fourier Transformation. The elastic foundation is regarded as Winkler model. It is found that the dynamic response of the plate changes with the velocity and the acceleration of the moving load. The analysis of an example shows that the velocity, the acceleration of the moving load and the stiffness of the foundation may significantly affect the dynamic response of the plate.

Key words: infinite plate, elastic foundation, moving load with varying velocity, dynamic response

(PP 61—64)

SEISMIC RESPONSE ANALYSIS OF HIGH TAILING DAMS USING EFFECTIVE STRESS FINITE ELEMENT METHOD

LU Houxiang², LIAO Xue, LIN ing, YU Zhijiang, PAN Xudong

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China

2. Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

3. Communications Department of Hunan Province, Changsha 410011, China

Abstract Based on the shortcomings of analysis methods for high tailing dams in the world, an effective stress analysis method for seismic response of tailing dams is developed in order to study dynamic stability and anti-liquefying ability of high tailing dams. According to the results of engineering geological prospecting, static and dynamic test and static analysis of Baizhishan tailing dam of 113.5 m high, seismic response analysis adopting undrained and drained effective stress finite element methods are carried out. The law of producing, diffusion and dissipation of seismic pore water pressure during and after earthquake is found, and the responses of the tailing dam's acceleration, seismic dynamic stress and pore water pressure are obtained. The analysis results show that the interior stress is compressive stress, the average stress level is less than 1.0 and the safety coefficient is greater than 1.0. The safety coefficient of anti-liquefying of each element in the tailing dam is greater than 1.5 according to the seismic response analysis for the tailing dam by effective stress FEM. In addition, the aseismic and anti-liquefying ability of the tailing dam are strengthened remarkably and the range and the depth of the liquefying area on the top of the dam are reduced greatly.

Key words: tailing dams, seismic response analysis, effective stress, anti-liquefying, pore water pressure, law of dissipation, finite element method (FEM)

(PP 65—70 92)

STATIC AND DYNAMIC EXPERIMENT STUDY AND STIFFNESS IDENTIFICATION OF AN UNBONDED PRESTRESSED CONCRETE BEAM

YI Wei-jian, ZHOU Yun, CAO Bing

(1. Hunan University, Changsha 410082, China; 2. Beijing Academy of Architectural Engineering, Beijing 100039)

Abstract The static and dynamic experiments are done for an unbonded prestressed concrete beam in laboratory. Three damage cases of static experiment results and the first modes are obtained. Traditional genetic algorithm is improved with the simulated annealing algorithm combined, the genetic annealing hybrid algorithm (GAHA) is formed and

the global searching ability is developed. Based on the GAHA, the first eight modes are used to identify the baseline model of the beam and the dynamic damage coefficient is obtained. The static loading-deflection relation is used to identify static damage coefficient. The static and dynamic stiffness coefficient of the unbonded prestressed beam are compared.

Key words: prestressed concrete beam; genetic annealing hybrid algorithm (GAHA); damage diagnosis; stiffness identification

(PP: 71—75)

EARTHQUAKE REDUCTION BEHAVIORS OF ACTIVE TUNED MASS DAMPERS FOR AN ASYMMETRIC BUILDING

LI Chunxiang, XU Zhimin, ZHANG Liqing

(1 Department of Civil Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

2 Henan Xinxiang Tianfeng Steel Sheet Development Co., Ltd., Xinxiang 453002, China

3 Department of Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China

Abstract: The main objective here is to investigate the behaviors of active tuned mass dampers (ATMD) for an asymmetric building under earthquake. Based on the space-state equation of the asymmetric building with ATMD, the criterion for searching the optimum parameters of ATMD then is defined as the minimization of the minimum values of the maximum displacement dynamic magnification factors of the asymmetric building with ATMD. The criterion for assessing the effectiveness of the ATMD is the ratio of the minimization of the minimum values of the maximum displacement dynamic magnification factors of the asymmetric building with the ATMD to the maximum displacement dynamic magnification factors of the asymmetric building without ATMD, using the optimum parameters obtained in reducing the displacement responses of the asymmetric building. Employing the above-defined criteria, the parametric studies then are carried out to find the influences of the normalized eccentricity ratio (NER), the torsional to translational frequency ratio (TIFR) of the asymmetric building, and the dominant ground frequencies (DGF) on the optimum parameters and effectiveness of the ATMD.

Key words: active tuned mass damper (ATMD); vibration control; asymmetric building; optimum parameters; dominant ground frequencies (DGF); earthquake

(PP: 76—83, 88)

STUDY ON STABILITY AND BIFURCATION BEHAVIOR OF A CAR TURNING WHEEL SHIMMY

ZHANG Qichang, LI Xiaotao, TIAN Ruilan

(Department of Mechanics, School of Mechanical Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The manner that reduces and eliminates a car turning wheel shimmy is studied. Stability of all equilibrium positions of the front bridge and turning wheel model with three degrees of freedom is studied by the stability theory of ordinary differential equations and numerical analysis method. A Hopf bifurcation does not occur for all equilibrium positions except the zero position. And changing of some parameters will result in disappearing of the car turning wheel shimmy and some do not influence the shimmy and some will result in appearing of the second shimmy. At the zero position, the centre manifold theory and the normal form method are introduced in order to obtain explicit expressions of the averaged equation and the complicated dynamic behavior is discovered. Furthermore, using the singularity theory, it is discovered that the bifurcation characteristics possesses good persistence under small perturbations.

Key words: shimmy; stability; Hopf bifurcation; singularity theory

(PP: 84—88)