

# 用于对结构进行模态分析的系统和方法



制造

建筑和施工技术

传感器

## 机遇

模态分析对于评估建筑结构（如塔楼、桥梁、海洋平台）的结构完整性和动态行为至关重要，尤其是在地震带或易受波浪影响的海洋区域等挑战性环境中。现有的识别扭转振动模式（一种关键失效模式）的方法存在显著局限性。传统方法，如有限元建模（FEM），需要大量的几何和物理数据，导致测试周期长、成本高，且模拟结果与实际结果存在显著偏差，使其无法有效进行准确的现实世界识别。另一种实验方法涉及在测试平面上相对于质心对称布置两个同步加速度计以推导扭转响应。然而，由于结构障碍物（如墙壁）阻碍传感器布置，该方法通常不切实际，增加了成本和复杂性，并且通常仅限于识别高层建筑中的一阶扭转模态。这些缺陷凸显了对更高效、更具成本效益且准确的系统的迫切需求，该系统能够以最少的传感器部署和简化的程序，识别各种结构中的高阶扭转模态。

## 技术

本专利介绍了一种用于模态分析的创新系统和方法，可有效识别扭转振动模式。核心创新在于将结构划分为多个层，每层具有独立的质心。在每个层面上，沿测试平面在距其质心预定距离处定义一个测试点。在这些点部署运动检测模块（如多轴加速度计或正交配置的单轴加速度计）以捕获振动数据。关键的技术进步在于处理模块，该模块对捕获的数据应用线性或零相位滤波，以提取同步、无相位失真的模态分量。通过分析这些分量，系统使用希尔伯特变换等技术确定瞬时振动方向和振幅。它通过比较瞬时振动方向角与测试点和质心之间的几何角来识别扭转模态；运动轨迹中稳定的线性或弧形分布，且振动围绕该角度中心，即表明扭转运动。该系统通过分析跨层模态响应的相关系数并识别发生相位反转的节点，进一步计算扭转持续时间、振幅、振型和阶数。该方法仅需每层一个传感器即可准确识别高阶扭转模态，克服了对对称传感器对和复杂同步的需求。

## 优势

- 每结构层仅使用单个测试点，减少了传感器数量、部署复杂性和成本。
- 采用线性/零相位滤波确保同步、相位准确的模态分量，提高了分析可靠性。
- 不仅能够识别一阶，还能识别高阶扭转振动模态。
- 能够根据实时测试数据确定扭转振型、阶数、瞬时振幅和节点位置。
- 避免了通常受结构障碍物阻碍的对称布置传感器对的需求，简化了现场测试。
- 适用于各种建筑结构（建筑物、桥梁、平台）在环境或人工激励下的分析。
- 为昂贵且存在偏差的有限元模型模拟提供了更实用、更准确的替代方案。

备注

IDF: 382

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

3

发明人

李秋勝教授

HE Yuncheng

查询: kto@cityu.edu.hk

Develop  
ConceptProof  
ConceptFollow-on  
Funding

Build Value

## 应用

- 地震多发区摩天大楼和高层建筑的结构健康监测和模态分析。
- 评估桥梁在风或交通载荷下的扭转响应以进行完整性评估。
- 受波浪诱导振动影响的海洋平台和石油钻井平台的动态分析。
- 现有建筑结构的抗震评估和改造规划。
- 土木工程中的振动分析，用于设计验证和符合安全标准。
- 结构动力学中用于研究复杂振动模式的教育和研究工具。

