

土木工程结构健康监测和损伤诊断探究

丁腾腾

珠江水利委员会珠江水利科学研究院 广东 广州 510611

摘要: 土木工程结构的健康监测和损伤诊断是基于土木工程结构本身的特点和损伤特征,对土木工程结构进行长期地、动态地、实时地监测,当监测到结构出现损伤时及时准确地做出损伤的诊断,并在此基础上采取相应的处理措施。这是保障土木工程结构安全与正常运行、提高工程效益的一种有效手段。因此,对土木工程进行监测和诊断显得尤为重要。在土木工程的建设过程中必须进行结构健康监测和损伤诊断研究,以确保工程结构安全与正常使用。

关键词: 土木工程; 结构健康监测; 损伤诊断

Research on Health Monitoring and Damage Diagnosis of Civil Engineering Structures

Ding Tengting

Pearl River Water Resources Commission Pearl River Water Conservancy Research Institute Guangzhou Guangdong 510611

Abstract: health monitoring and damage diagnosis of civil engineering structure is based on the characteristics of civil engineering structure itself and damage characteristics, for long-term, dynamic, real-time monitoring, when monitoring structure damage timely and accurately make the diagnosis of damage, and on the basis of the corresponding measures. This is an effective means to ensure the safety and normal operation of civil engineering structure and improve the engineering efficiency. Therefore, it is particularly important to monitor and diagnose the cases in civil engineering. Structural health monitoring and damage diagnosis research must be conducted during civil engineering construction to ensure the safety and normal use of engineering structures.

Key words: Civil engineering; Structural health monitoring; Damage diagnosis

土木工程的建设质量与运营状况,直接关系到人们的生活。尤其是水坝、桥梁、火力发电厂、军事设施、高层建筑等大型土木建筑。其在地震、洪水和爆炸等自然和人为灾害下的安全性,直接关系到人们的生命和财产。由于土木工程结构自身的特点,很容易发生破坏事故。因此,对结构的力学行为进行监测与诊断,以实现结构破坏的早期预警,并对其进行安全评价,已成为今后工程建设的迫切需求,也是土木工程研究的重点方向。

1 系统结构组成

土木工程结构健康监测和损伤诊断系统结构组成主要包括:传感器、数据采集系统、传输系统、数据处理系统、显示与分析系统等。

1.1 传感器

传感器是整个结构健康监测和损伤诊断系统的重要组成部分,其主要功能是对土木工程结构的各种物理参数和环境参数进行采集,并将这些数据转换成电信号,通过传输系统传输到数据处理系统中进行分析和处理^[1]。传感器的类型和种类很多,按照其输出信号的形式可分为应变传感器、加速

度传感器等。感知结构的物理参数,然后再根据其输出信号的特点对其进行分类,从而实现结构物理参数的数据采集。主要有电阻应变计、电阻应变片式、压电式位移传感器等。应力传感器主要用于测量结构受力后产生的应变,加速度传感器主要用于测量结构振动时产生的加速度。

1.2 数据采集系统

数据采集系统主要由采集模块、信号调理模块和信号处理模块组成。结构健康监测和损伤诊断系统所采集到的信号为非电量信号,其主要包括:加速度传感器、位移传感器等^[2]。由于测量对象具有很强的随机性和非平稳性,因此必须采用高精度的测量方法进行数据采集。数据采集系统所采用的技术主要包括:数字滤波技术、时移校准技术、均值校正技术等。

1.3 数据处理系统

数据处理系统主要包括数据存储、数据通讯、数据显示和分析等功能模块。在数据存储方面,系统应具有数据存储与查询功能,对监测信息进行查询与统计分析。在数据通讯方面,系统应具有可靠的通讯能力,实现多个监测

点之间的数据传输。在数据显示方面,系统应具有良好的显示功能,对监测信息进行直观的观察与分析。在数据分析方面,系统应具有较强的智能处理能力,实现结构损伤的智能诊断与识别^[3]。

2 土木工程结构损伤诊断应用的领域

2.1 对项目设计计划的审核

利用有效的土木工程结构损伤诊断技术,并利用相关的案例分析,可以对一些土木工程设计方案展开审查,并对设计方案中使用的工程材料、几何结构、力学特性以及存在的设计缺陷等展开分析,进而对其中存在的设计问题进行修改。

2.2 项目质量评价

土木工程结构损伤诊断技术能够在新建工程工程质量鉴定工作中起到很大的作用,通过对工程材料、几何结构、力学特性以及设计方案的诊断,对比工程内业资料中记录的数据项,来评估新建工程的工程质量是否符合设计以及施工方案的要求。

2.3 设备维修

一些土木工程项目在设计和施工过程中未满足规定的技术要求,或者由于服役时间太久而造成结构损坏,必须进行维修^[4]。利用土木工程结构的损伤诊断技术,能够精确地找出其结构损伤发生的部位和严重程度,进而能够为其制定出一个合理的维修计划,确保土木工程项目维修工作能够顺利进行。

2.4 重建工程项目

土木工程结构损伤诊断技术主要是对遭遇自然灾害的工程项目展开损伤程度和修复条件的评估,并对重建所需资金展开预测,为灾后恢复和重建提供依据。

2.5 技术资料的搜集

工程信息收集主要应用在一些具有智能化调节系统的绿色建筑项目中。在结构损伤诊断技术的基础上,使用现代的计算机信息处理技术,构建工程结构监测系统,对土木工程内部的工程结构变化展开信息收集,以做出控制调整。

3 基于振动的结构损伤诊断

3.1 频域法

频域法是基于结构的振动特性对结构进行损伤诊断的一种方法,该方法利用频响函数对结构的损伤进行诊断。频域法操作简便、易于实现,同时也能够获得较为精确的结果,但是该方法在损伤程度诊断上存在一定局限性。例如:

①当损伤程度较小时,频域法并不能有效诊断出结构的损伤程度^[5]。因为频响函数只在损伤点附近出现了变化,而在其他位置上并不会出现较大的变化,因此在损伤程度诊断上存在一定的局限性。②当结构的损伤程度较大时,由于频响函数发生了明显变化,所以它并不能准确反映出结构的实际情况。同时,结构的损伤也会对频响函数造成影响,从而影响频响函数中各种参数的计算结果。因此,如果要对结构进行

损伤诊断,就需要对结构中所有单元的频响函数进行计算分析。然而在实际工程应用中,由于计算量较大、时间较长等原因,导致了该方法存在一定局限性。

3.2 时域法

时域法是基于测量结构的振动参数,检测结构损伤的一种方法,通过对测量数据进行分析,可以判断结构是否出现损伤。时域法是基于振动理论的一种诊断方法,它以时间序列为基础,通过对结构的振动特性进行分析,并根据分析结果来判断结构是否出现损伤^[6]。目前,时域法主要有以下几种方法:①小波阈值法。这种方法是在时域法中比较常见的一种诊断方法,它通过对振动信号进行处理,可以判断出信号中的冲击成分和噪声成分,在实际应用中具有一定的可行性。②人工神经网络法。该方法是将神经网络技术应用到结构损伤诊断中,并通过对网络进行训练来判断结构是否出现损伤。首先,网络训练过程中需要消耗大量的时间和人力物力。其次,该方法需要建立一个可靠、准确的神经网络系统。人工神经网络法在实际应用中容易受到各种因素的影响。

4 土木工程结构的健康监测和损伤诊断系统的研究现状

目前,结构健康监测技术已经广泛应用于土木工程领域,为工程的安全可靠运行提供了重要的保障。在土木工程结构健康监测和损伤诊断系统方面,国内外学者做了大量的工作。随着计算机技术的发展,许多学者研究并开发了结构健康监测和损伤诊断系统。美国在这方面研究较早,发展较快,已经形成了一整套的理论和体系,并开发出相应的软件系统^[7]。国外在结构健康监测和损伤诊断系统方面的研究起步早,研究较多,而且研究成果很多,在工程应用方面也比较广泛。

国内在这方面的研究还比较少,主要集中于结构健康监测和损伤诊断技术本身的研究。要进一步发展我国的结构健康监测和损伤诊断系统必须解决以下问题:首先要解决土木工程结构健康监测和损伤诊断理论问题。目前在这方面的研究大多是采用传统方法或其他方法对土木工程结构进行检测和诊断,对土木工程结构健康监测和损伤诊断理论进行深入的研究与探讨。其次要解决土木工程结构健康监测和损伤诊断技术问题。目前在这方面主要是通过信号处理、信息融合、模式识别等手段来实现对土木工程结构健康监测和损伤诊断技术。要进一步提高结构健康监测和损伤诊断系统在实际工程中的应用效果,必须对这些技术进行深入研究。

5 健康监测和损伤诊断技术的发展趋势

5.1 信息处理技术

土木工程结构健康监测和损伤诊断系统所采集的信号大部分是包含着噪声的,因此要想获得理想的监测结果,就必须对信号进行去噪处理。常用的去噪方法有:阈值去噪法、最小二乘法、自适应滤波法和小波变换法。目前,国内外学者在信号去噪方面已经做了大量的工作,但效果还不是很理

想。信号处理技术还存在着许多问题,如在结构健康监测和损伤诊断中的噪声问题、时频分析方法在信号处理中存在的问题以及如何将小波变换方法应用于信号去噪等。由于信号处理技术涉及许多学科,所以今后一个时期结构健康监测和损伤诊断系统信号处理技术的研究重点应集中在以下几个方面:①在结构健康监测和损伤诊断系统中采用各种新型的去噪技术。②在结构健康监测和损伤诊断系统中采用先进的特征提取方法。③实现各种新型信号处理方法与传统信号处理方法相结合。

5.2 信息融合技术

信息融合技术是一种有效的方法,它将来自不同传感器的信息综合起来,并对综合后的信息进行分析处理,以实现目标信息的识别。将该技术应用到土木工程结构健康监测和损伤诊断领域中,可以充分利用各传感器收集到的大量信息,提高测量结果的准确性,提高识别系统对损伤部位的判断精度。因此,可以将多传感器数据融合技术应用到结构健康监测和损伤诊断领域中。该方法通过将传感器采集到的数据进行融合,得到用于损伤诊断的信息,进而确定出损伤部位。我国在这方面研究起步较晚,但随着计算机技术和传感器技术的发展及不断完善,我国在这方面研究工作也取得了很大进展。北京交通大学、中国矿业大学等高校都开展了这方面的研究工作。该方法是利用智能材料、传感技术进行传感器信息采集与融合,再将融合后的信息用来进行结构健康监测和损伤诊断,具有很强的推广应用价值。

5.3 模式识别技术

模式识别是指对研究对象的特征进行识别,从而获得研究对象的某些重要特性,如分类、聚类、回归等。在土木工程结构健康监测和损伤诊断中,主要是利用模式识别技术对土木工程结构健康监测和损伤诊断系统进行分析与研究,

并结合人工智能方法来实现对土木工程结构健康监测和损伤诊断系统的优化配置,以提高土木工程结构健康监测和损伤诊断系统的运行效率。随着人工智能理论在模式识别中的应用,神经网络等人工智能方法也得到了快速发展,这些方法在结构健康监测和损伤诊断中具有广阔的应用前景。

结束语:土木工程结构的健康监测和损伤诊断是一个复杂的、多学科交叉的领域,它涉及大量的理论、方法、技术、工程实践等,但其核心是利用传感器监测数据及理论分析,采用现代结构动力学方法进行损伤诊断,并实现结构损伤的早期预警。所以,在土木工程建设过程中必须高度重视健康监测和损伤诊断工作,积极开展土木工程结构健康监测和损伤诊断研究,不断提高土木工程结构健康监测和损伤诊断水平,保障土木工程结构安全与正常使用。

参考文献

- [1]陈伟鹏,余洁歆,翁宇航等.土木工程结构健康监测传感器应用分析[J].四川水泥,2023(05):86-88.
- [2]刘小才.土木工程结构健康监测的现状与发展[J].建筑安全,2023,38(02):26-28+32.
- [3]唐礼平,曹益,章蓓蓓等.结构健康监测在土木工程中的研究状况与进展[J].兰州工业学院学报,2022,29(04):21-26.
- [4]焦俭.土木工程结构健康监测系统的研究状况与进展[J].中国建筑金属结构,2022(08):89-91.
- [5]李俊杰.浅谈通用土木工程结构健康监测系统设计[J].中国建材科技,2020,29(06):123-124+14.
- [6]池天宇.土木工程结构损伤诊断的研究[J].住宅与房地产,2020(04):201.
- [7]杜江.土木工程结构损伤诊断研究[J].工程技术研究,2020,5(02):54-55.