

混凝土声发射损伤识别的发展

周 健

河北建筑工程学院土木工程学院 河北 张家口 075000

摘要: 本文对声发射检测技术及国内外声发射研究的发展历程及现状进行概括与总结。对混凝土声发射机理, 声发射参数与力学参数间的关系等问题进行了评价与展望。

关键词: 混凝土, 声发射技术, 综述

1 浅谈混凝土声发射损伤研究

混凝土结构损伤是老化和病变的主要反应, 对混凝土结构的危害很大, 严重的损伤会恶化结构的应力状态, 破坏其整体性和抗渗性, 加速混凝土碳化, 降低混凝土抵抗各种侵蚀性介质的耐腐蚀能力, 影响混凝土结构的强度和稳定性, 危及建筑物的安全运行。要合理评价混凝土结构的健康状况, 并为改建、加固、修复等的设计提供基本的强度参数和其它设计依据, 必须对结构中既有损伤进行精确定位与测量, 探明损伤的部位、大小和性质, 正确估计其对混凝土结构力学性能的影响。

由于声发射检测技术能反映结构中混凝土的强度、均匀性、连续性等各项质量指标, 对保证新建工程质量, 以及对已建工程的安全性评价等方面具有重要作用, 越来越受到人们的重视。如位于日本本州岛的一混凝土拱坝, 在其冷凝和灌浆期间, 进行了声发射检测, 通过对检测过程中获得的声发射累积事件数以及能量分析, 实现了对该混凝土拱坝安全状况的评估; 加拿大魁北克电力公司和 Sherbrooke 大学合作, 在老混凝土坝剪切破坏声发射检测方面进行了深入研究, 分析了在不同正应力作用水平下, 剪切破坏过程中(峰值前线性阶段、非线性阶段、峰值后下降段和残余摩擦阶段)的声发射特性、声发射捕捉和定位, 认为该项技术用于检测混凝土重力坝抗滑稳定方面有良好的前景。

20 世纪 70 年代, 声发射技术被引入我国, 研究者首先在金属和复合材料领域进行了探索, 从 20 世纪 90 年代开始, 我国学者将声发射技术应用于混凝土领域。大量理论、试验、工程应用研究表明, 声发射检测技术既能对混凝土的结构性质及力学性能实现简便快捷

地估计, 同时又能实现对其内部缺陷的定位与测量, 在结构健康诊断、维护过程中可起到重要作用。

2 混凝土结构损伤声发射检测原理

材料受外力或内力作用而产生变形或断裂时, 以弹性波形式释放出应变能的现象称为声发射。声发射技术是借助电子技术、计算机技术以及信号处理手段等将该现象转化为可利用和认识的信号, 据此来解释结构内部的缺陷变化、判断声发射源的位置以及所处状态的技术。声发射是一种能量释放的过程, 能量的大小一般可由声发射率的高低、信号幅度的大小以及频率成分的宽窄来表示。声发射(acoustic emission)是材料中局域能量快速释放而产生瞬态弹性波的现象[1]。声发射检测是通过接收和分析材料的声发射信号来评定材料性能或结构完整性的无损检测方法, 早期主要应用于金属检测。与其他无损检测方法不太相同, 声发射检测中被检测到的能量来自物体本身。声发射检测对线性缺陷较为敏感, 可以实时监测到外加应力下结构缺陷的变化, 检测和评价整个结构中缺陷的状态, 因此广泛应用于材料、石油化工、航空航天、金属加工等领域。1959 年, Rusch 对混凝土受力后的声发射信号进行了研究。随着科技的发展, 研究人员对混凝土的声发射研究也日趋深入。

3 不同声发射损伤识别技术

作为最具代表性的声发射损伤识别技术, 超声法是采用带波形显示功能的超声波检测仪, 测量超声脉冲在混凝土中的传播速度, 首波幅值和接收信号的主频率等声学参数。当混凝土的组成材料、工艺条件、内部质量和测试距离一定时, 其超声脉冲传播速度, 首波幅度和接收信号的主频等声学参数一般无明显差异。如果某部分混凝土存在空洞、不密实或裂缝等缺

陷,破坏了混凝土的整体性,超声波需要绕行通过这些区域,因此与无缺陷的混凝土相比其声时值较大。同时,由于脉冲遇到混凝土内部缺陷时会在缺陷界面处发生反射和散射,声能被衰减导致波幅和频率值降低。

超声法检测混凝土缺陷就是根据以上原理,对同条件下的混凝土,通过检测超声波在混凝土中的传播速度、波幅和主频率并进行比较,从而判定混凝土的缺陷情况。

雷达探测法^[7]是用天线发射高频电磁波,利用电磁波传播的路径、电磁场分布、波形随传播介质的电性质及几何形状而改变的原理,根据接收到的波的相位、波幅与波形信息的分析推断介质内部结构。随着现代应用电子技术的发展和人们对电磁波认识进一步加深,雷达探测应用范围从低耗介质扩展到土层、岩层、混凝土等有损耗介质中,如:地质勘探、考古、无损检测等。雷达探测法由于图像相对直观,使用方便,所以很受工程界欢迎,在混凝土缺陷的检测、桥梁腐蚀定量分析、管道无损检测、砌体结构的完整性探测等方面都有应用。但雷达法的穿透能力较差,一般在 300mm 左右。

红外热像检测是指运用红外热像仪探测物体辐射出来的红外线能量,根据物体表面的温度场分布形成的热像图,直观地显示材料、结构及结合处不连续缺陷的检测技术。红外热像检测是非接触的无损检测技术,可作上下、左右等全方位的连续扫测,因此也称红外扫描技术。红外热像检测技术具有广视域的快速扫测和遥感检测的功能,对已有无损检测技术的功能和效果具有很好的互补性。

冲击回波法^[8]是指利用机械冲击器向物体表面发送短周期应力脉冲波,当压缩波(P 波)在物体内传播遇到缺陷(如裂缝宽度 $> 0.03\text{mm}$)时,波便不能穿透而产生反射,而遇到表面边界时则会发生反射。一旦波速确定,且选择正确的冲击器,就可以准确地测得缺陷的位置和深度,当构件不存在缺陷时则可测得其厚度^[7]。冲击回波法测试方便、快速、直观,可用于各类混凝土和沥青混凝土结构的内部缺陷探测和厚度测量。其不足之处是单点检测,测试结果不能全面反映混凝土构件的缺陷。

振动模态法是指通过监测混凝土结构的动力响应(固有频率、振型与阻尼等),从监测数据中提取结构不同部位动力参数信息及其衍生信息,并将结构有损和无损状态下的相应动力信息进行比较,从而实现结构的健康监测和评估^[8]。理论上,这一概念可用于桥梁等混凝土结构的损伤与老化的诊断^[9],但是实际操作起来却存在相当大的技术挑战,如激励源的选择,传感器类型、数目和位置的选择,误差与不确定问题的处理等^[10]。其最基本的问题在于,大型土木工程结构的局部损伤对结构的低频响应不敏感,而据目前的技术条件,仅结构的低频响应能够较准确的测得,这也就意味着通过结构的低阶模态对结构局部损伤的识别效果不是很好。另外,该方法只能对已存在损伤的情况进行诊断,而对于实际的破坏过程则无能为力。

声发射检测法^[7]是指借助专用检测仪器采集材料变形或开裂过程产生的声发射信号,经过计算机处理,从而得到表征缺陷特征的参数,以此来分析和判断材料损伤的大小位置、状态及发展趋势。声发射是一种常见的物理现象,几乎所有的材料在变形和损伤时均伴有声发射产生,且信号来自于材料本身,因此声发射能够反映材料本身的性质和缺陷程度。同时,声发射技术是一种动态的无损检测方法,可以实时地反映材料内部微观结构的变化,与其他检测手段相比,具有动态、实时、灵敏的特点。

参考文献:

- [1]黄逸群,孙岳阳,王洋,胡少伟.混凝土声发射信号源定位精度的细观模型计算分析[J/OL].应用声学:1-12[2022-05-02].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2121.04.20220321.1240.002.html>
- [2]陈忠勋.基于声发射技术的钢筋混凝土损伤识别与劣化评价[D].浙江大学,2018.
- [3]河海大学土木与交通学院,江苏 南京
- [4]无锡融创地产有限公司,江苏 无锡
- [5]刘西拉结构工程学科的进展与前景[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [6]张鑫,李安起,赵考重.建筑结构鉴定与加固改造技术的进展[J].工程力学,2011.28(1):1-11,25.
- [7]纪洪广.混凝土材料声发射性能研究与应用.北京:煤炭工业出版社,2004.
- [8]赵雷,蔡琦,姚祺峰,等.声发射技术用于诊断船

舶汽轮发电机组碰摩故障的研究. 中国修船, 2007

[9] 赵江海, 刘霞. 光纤声发射传感器的微弱电流检测. 电子元器件应用, 2006

[10] 刘茂军. 钢筋混凝土梁受载过程的声发射特性试验研究: (硕士学位论文). 桂林: 广西大学, 2008. [31] 王彬. 基于声发射技术的预应力混凝土损伤检测理论及应用: (硕士学位论文). 镇江: 江

苏大学,

[11] 纪洪广, 裴广文, 单小云. 混凝土材料声发射技术研究综述. 应用声学, 2002

[12] 李佳. 混凝土静态轴拉声发射试验相关参数研究: (硕士学位论文). 南京: 河海大学, 2008. [36] 陈兵, 姚武, 吴科如. 声发射技术在混凝土研几中的应用. 无损检测, 2000 22 (9)