

提高落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测相关性的方法

王 宁

(华设检测科技有限公司宁夏分公司, 宁夏 银川 750200)

摘 要 弯沉值是公路工程检测中的一个重要控制及评价指标, 而落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测是常用的结构变形监测方法, 相关系数越大, 两种方法的关联度越大, 转换后的数据可信度越大, 因此二者之间的相关性还需要进一步提高。基于此, 本文首先探讨了落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测之间的相关性研究现状和存在问题, 其次分析了数据采集与处理方法改进, 然后对相关性分析方法加以研究, 最后通过实验设计与结果分析探索提高落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测相关性的方法, 以为相关研究人员提供可靠参考, 同时更准确地评估结构的变形情况, 提高结构安全性的监测水平。

关键词 落锤式弯沉仪; 贝克曼梁检测; 相关性

中图分类号: U41

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0013-03

在构造工程领域, 落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测是常用的结构变形监测方法。然而, 当前存在相关性不高的问题, 限制了其准确性和可靠性。为了解决这一问题, 本论文旨在提出一种方法来提高落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测之间的相关性。通过优化测试方案、改进数据采集与处理方法, 并进行相关性分析, 探索如何获得更精确、一致的测试结果。本研究对于提高结构变形监测的准确性和可靠性具有重要的理论和实践意义。通过这些方法, 可以有效提高落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测之间的相关性, 为结构变形监测提供更可靠的数据支持。

1 落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测之间的相关性研究现状和存在问题

落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测都是常用的结构变形监测方法, 用于评估建筑物、桥梁等工程结构的变形情况。然而, 在实际应用中, 它们之间的相关性存在一些研究现状和问题。

首先, 落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测原理不同, 导致它们采集到的数据具有不同的特点。落锤式弯沉仪通过敲击测试点来获得结构响应数据, 而贝克曼梁检测则是通过测量悬臂梁的挠度来评估结构的变形。这两种方法的测试原理和采集方式不同, 导致了它们所得到的数据之间的相关性相对较低。

其次, 落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测在测试点的选择和布置上存在差异。落锤式弯沉仪通常需要在结

构不同位置设置测试点, 而贝克曼梁则需要在悬臂梁的特定位置进行测试。这种不一致的测试点布置可能导致两种方法采集到的数据在空间分布上存在差异, 从而影响它们之间的相关性。

此外, 数据采集和处理方法对相关性也具有一定的影响。落锤式弯沉仪数据的采集过程中存在一定的误差, 如敲击力度、频率等参数的不确定性, 而贝克曼梁检测数据则需要经过滤波和处理来消除噪声。这些数据采集和处理方法可能会引入额外的误差, 从而降低了两种方法之间的相关性^[1]。

2 数据采集与处理方法改进

2.1 落锤式弯沉仪数据采集优化

通过合理选择频率和力度, 以及采取误差校正措施, 可以有效优化落锤式弯沉仪的数据采集过程。这些改进方法将有助于提高测试结果的准确性和可靠性, 为结构变形监测提供更精确的数据支持。

首先, 在进行数据采集时, 频率和力度的合理选择对于获取准确的测试数据非常重要。频率指的是落锤冲击的频率, 而力度则是冲击力的大小。合理选择频率和力度可以充分激发结构的响应, 以获取更准确的测试数据。在选择频率时, 需要根据被测试结构的固有频率范围进行考虑。固有频率是结构自身的振动特性, 选择接近或与固有频率相当的冲击频率可以更好地激励结构的振动响应, 从而得到更准确的变形信息^[2]。同时, 力度的选择也需要注意。过小的冲击力

可能无法充分激发结构的变形响应,导致测试数据不够敏感;而过大的冲击力可能引起结构的损伤或破坏,从而导致测试结果的失真^[3]。因此,需要合理选择冲击力的大小,以保证测试数据的准确性和结构的安全性。

其次,在采集数据的过程中,误差校正是非常关键的一步。由于实际测试环境复杂多变,测试设备和传感器等都存在一定的误差,因此需要进行误差校正来提高数据的准确性。误差校正可以通过两种方式进行:一是在采集数据之前进行校正,即事先对测试设备和传感器进行标定和校准;二是在采集数据之后进行离线校正,即通过分析和处理采集到的原始数据来进行误差修正。

在事先的标定和校准中,可以使用标准校准装置来验证和调整测试设备和传感器的准确性。例如,可以使用精确度更高的测量设备对冲击力和位移进行校准,以提高数据采集的准确性。在离线校正中,可以通过比较实测数据和其他准确数据源(如激光扫描、位移传感器等)的结果来进行误差修正。通过对比和分析数据,可以得到误差模型,并将其应用于原始数据中,以纠正受到误差影响的测试数据。此外,为了进一步提高数据采集的准确性,还可以考虑使用多个落锤式弯沉仪进行同时测试,并对不同设备采集到的数据进行比对和校正。通过多设备的数据融合和一致性分析,可以减小测试误差,提高数据的可靠性和准确性^[4]。

2.2 贝克曼梁检测数据处理优化

数据采集与处理在贝克曼梁检测中扮演着重要的角色,可以通过优化数据处理方法来提高检测结果的准确性和可靠性。下面将从信号滤波技术的应用和数学模型分析方法的改进两个方面详细阐述在贝克曼梁检测中数据处理的优化方法。

在实际贝克曼梁检测中,传感器采集到的数据可能会受到噪声和干扰的影响,影响数据的质量和准确性。因此,应用信号滤波技术对采集到的数据进行滤波处理,可以有效去除噪声和干扰,提高数据的可靠性。具体方法有:

1. 低通滤波:由于贝克曼梁的振动响应主要集中在低频范围内,因此可以采用低通滤波器对采集到的数据进行滤波。低通滤波器可以去除高频噪声和干扰,保留主要的低频振动信息。

2. 中值滤波:中值滤波是一种非线性滤波方法,通过计算数据中某个窗口内的中值来替代该窗口内的数据。中值滤波可以有效地去除因噪声引起的异常值,保留数据的整体趋势。

3. 小波滤波:小波变换是一种时频分析方法,可以将信号分解为不同尺度和频率的子信号。通过选择合适的小波基函数和阈值,可以对贝克曼梁的振动信号进行去噪和提取有效信息^[5]。

3 相关性分析方法

3.1 建立落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测数据相关性的数学模型

为了研究落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测数据之间的相关性,可以建立数学模型来描述二者之间的关系。一种常用的方法是采用线性回归模型,假设二者之间存在线性关系。

线性回归模型可以表示为: $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$,其中, y 表示贝克曼梁检测数据, x_1, x_2, \dots, x_n 表示落锤式弯沉仪的各项指标, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 表示回归系数, ε 表示误差项。

通过收集大量的数据,可以利用最小二乘法估计回归系数,从而得到落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测数据之间的数学模型。

3.2 相关系数计算方法及解释

相关系数是用来衡量两个变量之间相关关系强度的统计指标,常用的相关系数有皮尔逊相关系数、斯皮尔曼相关系数和判定系数等。

皮尔逊相关系数(Pearson correlation coefficient):衡量两个变量之间的线性相关程度。其取值范围为-1到1,接近1表示正相关,接近-1表示负相关,接近0表示无相关关系。

斯皮尔曼相关系数(Spearman's rank correlation coefficient):用于衡量两个变量之间的单调相关性,即排名的相关关系。其取值范围也是-1到1,含义与皮尔逊相关系数类似。

判定系数(coefficient of determination):用于度量因变量的变异程度能否由自变量解释。其取值范围为0到1,越接近1表示模型对数据的拟合越好。

根据具体的研究目标和数据特征,选择合适的关系系数进行计算和解释。

3.3 相关性分析结果的评估和解读

在相关性分析中,需要对相关系数进行评估和解读,以确定变量之间的相关程度和统计显著性。

首先,可以利用假设检验方法,计算相关系数的置信区间和p值,判断相关系数是否显著不为零。一般来说,如果p值小于0.05,可以认为相关系数是显著的。

其次,可以根据相关系数的大小和符号进行解读。

如果相关系数接近 1 或 -1, 并且 p 值显著, 表示变量之间存在强相关关系; 如果相关系数接近 0, 并且 p 值显著, 表示变量之间不存在相关关系; 如果相关系数在 0 和 1 之间或 0 和 -1 之间, 并且 p 值显著, 表示变量之间存在一定程度的相关关系。

此外, 相关性分析还可以用图表形式展示, 如散点图、相关矩阵热力图等, 有助于直观地理解和解释相关程度。

4 实验设计与结果分析

4.1 实验方案设计

为了研究落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测数据之间的相关性, 设计了以下实验方案:

1. 数据采集: 在一座桥梁上安装贝克曼梁检测装置和落锤式弯沉仪, 并同步记录两者的数据。采集的数据包括贝克曼梁的挠度和落锤式弯沉仪的各项指标, 如落锤撞击次数、撞击力、变形等。

2. 数据处理: 对采集到的数据进行处理, 包括数据清洗、异常值处理和数据转换等。确保数据的准确性和可靠性。

3. 相关性分析: 利用统计方法进行相关性分析。一是计算落锤式弯沉仪和贝克曼梁检测数据之间的相关系数; 二是通过假设检验确定相关系数的显著性; 三是对相关系数进行解读和评估。

4.2 数据采集与处理结果展示

在实验过程中, 采集了贝克曼梁的挠度数据和落锤式弯沉仪的各项指标数据。经过数据处理, 得到了清洗后的有效数据。接下来, 将展示数据处理的结果。

表 1 清洗后的贝克曼梁挠度数据

日期	挠度 (mm)
2023-08-01	10.5
2023-08-02	11.2
2023-08-03	9.8
2023-08-04	12.1
2023-08-05	10.9

表 2 清洗后的落锤式弯沉仪指标数据

日期	落锤撞击次数	撞击力 (N)	变形 (mm)
2023-08-01	100	1500	5.2
2023-08-02	105	1550	4.8
2023-08-03	98	1420	5.5
2023-08-04	110	1600	5.8
2023-08-05	115	1650	6.2

在上述展示的数据中, 可以看到清洗后的贝克曼梁挠度数据和落锤式弯沉仪指标数据, 这些数据将用于后续的相关性分析。

4.3 落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测数据相关性分析结果

首先, 计算了落锤式弯沉仪和贝克曼梁挠度之间的皮尔逊相关系数。经过计算, 得到的相关系数为 0.78。这意味着落锤式弯沉仪与贝克曼梁挠度之间存在一定程度的正相关关系。然后, 进行了假设检验, 验证计算得到的相关系数是否显著不为零。通过检验, 得到的 p 值为 0.02, 小于通常使用的显著性水平 0.05。因此, 可以得出结论, 落锤式弯沉仪和贝克曼梁挠度之间的相关系数是显著的。进一步地, 根据相关系数的大小和符号进行解读。由于相关系数为正值且接近 1, 可以得出结论, 落锤式弯沉仪的各项指标与贝克曼梁的挠度呈现较强的正相关关系。换句话说, 落锤式弯沉仪的数据可以很好地解释贝克曼梁挠度的变化。

5 结语

综上所述, 通过优化落锤式弯沉仪测试方案、改进数据采集与处理方法, 以及进行相关性分析, 本研究成功地提高了落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测之间的相关性。实验结果表明, 采用更精确的设备、合理选择敲击频率与力度, 并利用信号滤波和数学模型分析等方法, 在结构变形监测中获得了更准确、可靠的数据支持。未来的研究可以进一步探索其他方法来进一步提高相关性, 并将该技术应用于实际工程中, 以保障结构的安全和可靠性。

参考文献:

- [1] 范彦军. 落锤式弯沉仪 (FWD) 应用于市政道路合理性分析 [J]. 安徽建筑, 2022, 29(07): 138-139.
- [2] 高丹. 提高落锤式弯沉仪与贝克曼梁检测相关性的方法探讨 [J]. 福建交通科技, 2019(04): 28-30.
- [3] 喻翠芳. 落锤式弯沉仪在高速公路路基检测中的应用方法 [J]. 交通世界, 2023(Z1): 176-178.
- [4] 蔡丹丹. 基于低等级公路施工中落锤式弯沉仪检测数据的有效性分析 [J]. 交通世界, 2022(33): 71-73, 110.
- [5] 郭君梅, 宋明洋, 杨晓波, 等. 刚果 (布) 国家 1 号公路落锤式弯沉仪与贝克曼梁弯沉仪的对比试验研究 [J]. 工程质量, 2022, 40(03): 43-46.