

基于双定位信息的智能压实相关性分析提升方法

刘延¹ 杨以诚² 刘诗福²

1 广州南方卫星导航仪器有限公司 2 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室

DOI:10.12238/gmsm.v4i5.1247

[摘要] 相关性试验是路基路面智能压实技术应用的必要过程,目前采用的单点定位方法增大了相关性试验误差。本文在阐述智能压实技术及相关性试验的基础上,提出了基于双定位信息精确确定振动加速度计位置的方法,并详细地给出了计算结果的表达式。利用江西某高速进行数据分析,结果表明相对于现有的单点定位方法,基于双定位信息的智能压实相关性 r 由0.736提升到了0.793。预期结果可有效支持智能压实技术的推广。

[关键词] 智能压实; 双定位技术; 相关性分析

中图分类号: P217 文献标识码: A

Intelligent compaction correlation analysis and lifting method based on double positioning information

Yan Liu¹, Yicheng Yang², Shifu Liu²

1 Guangzhou Southern Satellite Navigation Instrument Co., Ltd

2 Key Laboratory of Ministry of Road and Transportation Engineering, Tongji University

[Abstract] Correlation test is a necessary process for the intelligent compaction technology. The single point positioning method increases the correlation test error. Based on the elaboration of intelligent compaction technology and correlation test, the method proposes the precise location of vibration accelerometer based on dual positioning information, and gives the calculation results in detail. Using data analysis at a high-speed in Jiangxi, the results show that the dual-positioning information-based intelligent compaction correlation r has increased from 0.736 to 0.793 relative to the existing single-point positioning method. The expected results can effectively support the promotion of intelligent compaction technology.

[Key words] Intelligent Compaction; Dual positioning technology; correlation analysis

引言

智能压实技术^[1] (Intelligent Compaction, IC) 亦称为连续压实控制技术,是利用振动加速度计通过连续测量振动压路机振动轮竖向振动响应信号,建立检测评定与反馈控制体系,实现对整个碾压面压实质量的实时动态监测与控制的一种技术。相比起传统的单点检测方法,智能压实技术有检测范围广、测点密、可以实时反应压实质量等诸多优点。智能压实技术是全面保证压实质量的重要技术,其实用性和可靠性被大量工程实践所证实^[2-3-4],在未来的路基路面施工中,智能压实技术有着愈发重要的作用。目前公路、铁路施工规范规定要进行智能压实

指标与传统压实指标相关性分析试验。因此,对于智能压实技术而言,将精确地测量出智能压实指标的实际位置是将其和传统指标相对应的前提条件。

传统的做法是以固定在压路机顶部的单点蘑菇头作为测得智能指标的位置,然而振动加速度计反映的是钢轮中心的位置,因此这两者之间的空间位置差就导致相关性分析时,所取到的点位不一致,在变异性较大的土质压实作业中误差较大,因此制约了智能压实技术的推广。

本研究提出基于双定位信息的智能压实相关性分析提升方法,即通过双蘑菇头的定位信息,可准确地计算出振动加速度计和智能压实指标的实际位置,进而将

智能压实指标和传统指标在空间上精确对应,解决上述定位不一致的问题。

1 智能压实技术

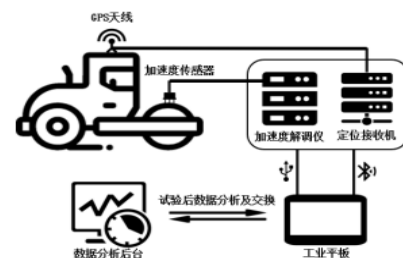


图1 智能压实技术的操作系统

1.1 智能压实具体内容。智能压实技术的具体内容是压路机在土体碾压的过程中,利用压路机和土体之间相互作用产

生的振动信号,建立信号处理模型,得到压实质量的评价指标,从而实时反馈压实质量,实现碾压过程中对压实质量的监测和控制。如图1所示为一种典型的智能压实技术操作系统。

在实际的施工中,智能压实控制技术的操作流程如下(图2):

(1)设计相关性试验,建立智能压实指标与传统压实指标的相关性;(2)利用相关关系,计算压实度达到要求时智能压实指标的目标控制值;(3)以目标控制值为阈值进行智能压实,对压实薄弱区域进行补压;(4)智能压实过程结束后,根据规范进行压实验收。

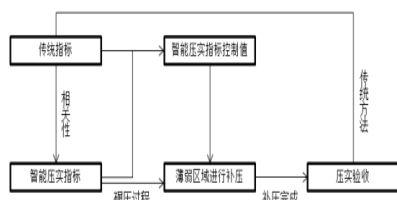


图2 智能压实技术的操作流程

1.2相关性试验和标准。现阶段我国有关智能压实指标相关性校验的方法主要包括确定智能压实检测值与常规质量验收指标之间的相关系数、确定相关关系和智能压实目标值等。具体的步骤为:

常规质量验收指标检测点的选取:根据压实状态分布图,在轻度密实、中度密实和重度密实三种压实状态区域内至少各选6个点;每种压实状态区域内的检测点根据轮迹智能压实曲线,按照智能压实检测值低、中、高三种情况,在智能压实曲线变化比较平缓的位置选取,如图3所示:

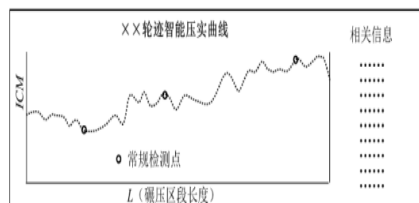


图3 碾压轮迹上常规质量验收指标检测点选取示意图

相关性的计算:

利用步骤选取的常规质量验收指标和智能压实值,按照式(1)计算相关系数

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_a = \frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{S_1^2 - S_2^2}{2S^2}(x_1 - x_2) \pm \frac{1}{2} \sqrt{2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{S^2} - \frac{(S_1^2 - S_2^2)^2}{S^4}} - 1(y_2 - y_1) \\ y_a = \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{S_1^2 - S_2^2}{2S^2}(y_2 - y_1) \pm \frac{1}{2} \sqrt{2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{S^2} - \frac{(S_1^2 - S_2^2)^2}{S^4}} - 1(x_1 - x_2) \end{cases} \dots\dots(3)$$

式中:

x ——质量验收指标;

y ——智能压实检测值(ICM);

x_i, y_i —— x 和 y 的样本值,其中
 $i=1, 2, \dots, n$,代表常规检测数量;

$\bar{x}, \bar{y}$ —— x 和 y 的样本值的平均值;

r —— x 和 y 之间的相关系数;

《铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程》^[5]和《公路路基填筑工程连续压实控制系统技术条件》^[6]中规定智能压实检测值与常规质量验收指标之间的相关系数 r 不小于0.70时,后续施工段的压实质量可采用智能压实控制系统及其相关性校验结果进行控制。

确定智能压实目标值:智能压实目标值应采用公式(2)的线性回归模型,根据常规质量验收指标的规定值进行确定,计算智能压实值的公式如下:

$$[ICMV] = a + b[x] \quad (2)$$

式中:

$[x]$ ——按照现行相关标准确定的常规质量验收指标的规定值;

$[ICM]$ ——智能压实目标值; a, b ——回归系数。

按如图4所示方法得到智能压实规定值。

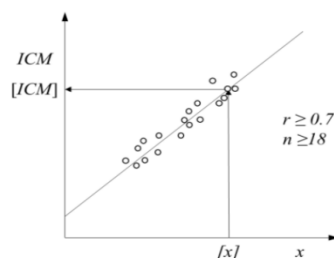


图4 智能压实目标值确定示意图

2 基于双定位信息的振动传感器位置计算方法

采取双蘑菇头定位的反算振动传感

器位置方法,如图6所示。

在智能压实的过程中,只安装一个固定在机身上的蘑菇头时,假设加速度计和蘑菇头之间的距离是 S_0 ,压路机在行进的过程中由于方向会发生改变,因此加速度计的位置在如图5所示以蘑菇头为圆心, S_0 为半径的圆上,对于变异性大的土壤而言,由于加速度计位置的不确定性会产生很大的误差。

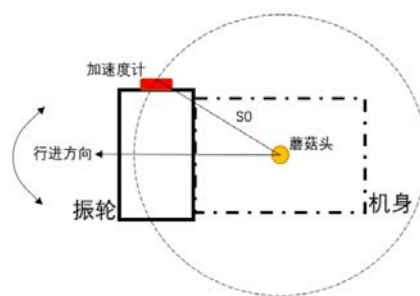


图5 单定位条件下加速度计位置俯视图
为了准确定位加速度计的位置,可以采取双蘑菇头定位的反算振动传感器位置方法,如图6所示。

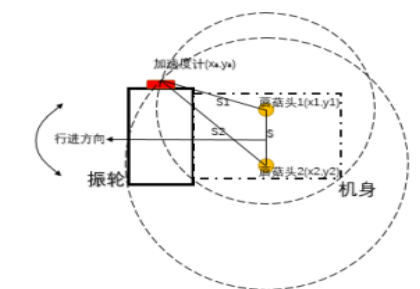


图6 双定位条件下加速度计位置俯视图

以蘑菇头1和2的平面直角坐标 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 以及加速度计与两个蘑菇头的距离 S_1, S_2 ,可以确定两个交点,理论的计算结果如公式(3)所示:

式中:

x_1, x_2, x_a ——蘑菇头1,蘑菇头2,加速度计的横坐标。

y_1, y_2, y_a ——蘑菇头1,蘑菇头2,加速度计的纵坐标。

S_1 , S_2 , S ——蘑菇头1和加速度计的距离, 蘑菇头2和加速度计的距离, 蘑菇头间的距离。

考虑到双定位条件下可以解出两组加速度位置, 实际施工过程中, 可以通过振动压路机的行进方向来判别加速度计的位置, 当压路机行进方向为正方向时, 加速度计位置按照公式(3)的号取值; 当压路机的行进方向为负方向时, 加速度计位置按照公式(3)的号取值。

3 案例分析

在单定位情况下, 振动轮加速度计和机身蘑菇头之间随着压路机尺寸会有2米至3米左右的误差, 这种误差就会对智能压实指标点和传统压实指标点的定位产生偏差。在江西某高速上, 路基采用的花岗岩残积土变异性较大, 因此利用双定位信息的智能压实可以很好地改善智能压实点和传统指标点的相关性, 如图9和图10所示, 其中AA代表智能压实指标, Evd代表传统检测指标。

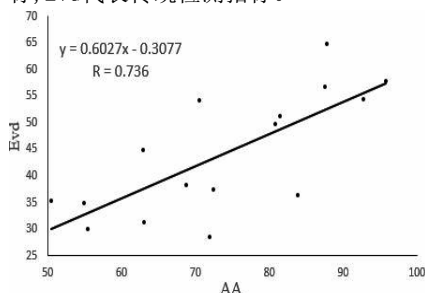


图7单定位条件下智能压实指标和传统指标相关性

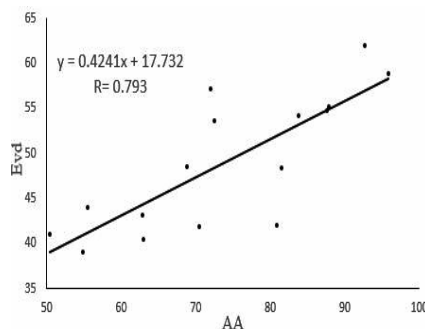


图8双定位条件下智能压实指标和传统指标相关性

从图中可以看出, 相比单定位方法, 在双定位的条件下智能压实指标和传统指标的相关性 r 由0.736直接提升到了0.793, 这说明双定位技术可有效提高智能压实的相关性。

4 结束语

智能压实技术在未来有很好的发展潜力, 但是智能压实技术的实现离不开精准的定位, 在单定位条件下的智能压实技术会产生测点的误差, 导致智能压实指标和传统验收指标相关性不足, 特别是在变异性较大的路基更为明显。利用双定位条件可以更精准的将测点进行定位, 大大改善两者之间的相关性。值得注意的是, 在采用双定位的位置坐标信息时, 需要根据实际施工情况(即压路机的行进路线)判断点的位置。

[参考文献]

[1]Thurner H,Forssblad L.The Compaction.Meter— A Modern Method for the

Surveillance And Control of Compaction [J]. Revue Generale Des Routes Et Des Aerodromes,1979,36(549):67-71.

[2]Forssblad, L. Compaction meter on vibrating rollers for improved compaction control[C].Int'l Conf.on Compaction,Vol.II,Paris,1980:541-546.

[3]Kopf, F.Continuous Compaction Control(CCC)during Compaction of Soils by means of dynamic rollers with different kinds of excitation [D].Technical University of Vienna,1999.

[4]Thurner,Heinz and Sandstrom,Rke. Continuous Compaction Control,CCC[C]. Workshop on Compaction of Soils and Granular Materials,Modeling of Compacted Materials, Compaction Management and Continuous Control, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (European Technical Committee),Paris,2000,237-245.

[5]中华人民共和国铁道部.铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程(Q/CR9210-2015)[S].北京:中国铁道出版社,2015.

[6]中华人民共和国交通运输部.公路路基填筑工程连续压实控制系统技术条件(JT/T1127-2017)[S].北京:人民交通出版社,2017.