

文章编号:1671-8879(2011)06-0001-05

基于数字图像处理技术的沥青混合料运动特性

沙爱民,李亚非,秦 雯

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

摘 要:为了分析沥青混合料在碾压成型过程中分布不均匀的原因,利用数字图像处理软件,分别处理 AC-13 型沥青混合料振动每 30 s 的试件剖面,进而得到 13.20 mm、9.50 mm、4.75 mm、2.36 mm 这 4 档集料随时间变化的分布情况。研究结果表明:在 AC-13 型沥青混合料碾压成型过程中,13.20 mm 集料的运动趋势随时间变化最为明显,在水平和竖直方向均做上下左右的往复运动,且整体运动幅度较大,对沥青混合料的均匀性影响最大;9.50 mm 的集料随时间变化的运动趋势较缓和,整体运动方向与 13.20 mm 集料大体一致,对沥青混合料的均匀性有影响;相比以上 2 档集料,4.75 mm 档和 2.36 mm 档集料随时间变化的运动趋势都不是很明显,它们的重心基本上都集中在剖面的中心位置,说明这 2 档集料整体上分布的较为均匀,对沥青混合料的均匀性影响很小。

关键词:道路工程;沥青混合料;运动特性;数字图像处理技术;均匀性

中图分类号:U414.1

文献标志码:A

Movement characteristics of asphalt mixture based on digital image disposal technology

SHA Ai-min, LI Ya-fei, QIN Wen

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to analyze the reason of inhomogeneity happened in the process of asphalt mixtures rolling, this paper using digital image processing software, deals with AC-13 type asphalt mixture every 30 s vibration specimens profile, and then gets the charges with time of four aggregates distribution of 13.20 mm, 9.50 mm, 4.75 mm, 2.36 mm. The research results indicate that in the process of AC-13 asphalt mixtures rolling, 13.20 mm aggregate movement trend changes with time quite significantly, this aggregate moves reciprocating and periodically in both horizontal and vertical directions, in the test initial stage the vertical movement is more obvious, the effect on asphalt mixture segregation is the greatest. Compared to the 13.20 mm, the 9.50 mm aggregate's, movement trend changing with time intend to mitigate, the whole movement direction is in accord with the one of 13.20 mm, it also has influence on the asphalt mixture of segregation. Compared to the above two grade aggregates, the 4.75 mm and 2.36 mm aggregates' movement trend changing with time is not obvious. Basically their centers of gravity are concentrated in the center position of the profile. This shows that the two aggregates on the whole distribu-

收稿日期:2011-02-10

基金项目:国家自然科学基金项目(50878027)

作者简介:沙爱民(1964-),男,安徽宣城人,教授,博士研究生导师,E-mail:aiminsha@263.net。

tion are much uniform and have little impact on asphalt mixture segregation. 1 tab, 3 figs, 7 refs.

Key words: road engineering; asphalt mixture; movement characteristic; digital image processing technique; homogeneity

0 引言

沥青混合料的成型过程是在振动压实作用下进行的,根据现场调查发现,摊铺均匀的沥青混合料在经过振动压实后,表面也会出现沥青混合料集料分布不均匀的现象,严重时造成路面的离析,而沥青混合料的均匀程度直接关系到沥青路面的路用性能、力学指标和使用寿命^[1-2]。路面材料由不同粒径大小的颗粒组成,国内外研究多元颗粒体系离析理论还较少^[3]。为此,本文利用数字图像处理技术,从单个集料颗粒运动的角度出发,研究振动作用下沥青混合料集料的运动特性,对沥青混合料成型后的分布不均匀现象进行了理论解释和规律描述,为避免

或减少沥青路面的离析现象,提高沥青路面结构中材料分布的均匀性,改善沥青路面使用性能,延长其使用寿命提供了一定的理论依据。

1 研究方法

本文采用振动成型压实机进行沥青混合料的室内压实成型,通过在仪器下部固定模具振动来模拟振动压路机对路面的作用。该设备可以通过调节振动频率和振幅来控制压实功。经过对比试验后,采用 28 Hz 作为振动频率,考虑到沥青混合料试样中集料颗粒的大小及数量问题,研究采用 AC-13 混合料作为试验对象,具体级配见表 1。沥青用量通过马歇尔试验确定,最佳沥青用量为 5.5%(质量分数)。

表 1 试验选用的 AC-13 型混合料级配

筛孔尺寸/mm	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
通过率/%	100	92	70	43	30	19	13	9	7

以目前采用的技术手段,要想实现沥青混合料的振动成型过程实时观测尚有困难^[4-7]。为了了解该动态过程中集料的运动规律,通过观测不同时间点不同集料颗粒在试件中位置的变化来解析集料的运动过程。试验中按照上述级配和沥青用量,准备了 6 份相同的、拌和均匀的沥青混合料,均匀装入圆形试模进行振动,振动时间分别为 30、60、90、120、150、180 s,观测不同振动时间控制成型的试件中心面,研究不同粒径范围集料颗粒在试件中的位置分布特点。下页图 1 是成型试件的中心截面照片。

从图 1 中可以看出,随着时间的变化,沥青混合料集料颗粒在振动作用下的运动,并不是在外部荷载作用下趋于致密的简单运动过程,其运动特性远比这复杂。为此,本文采用数字图像处理技术对该结果作进一步分析研究。

2 运动特性分析

将采集好的沥青混合料截面图像进行数字化处理,提取并储存集料的相关参数信息,对这些参数信息进行分析计算,可以更好地发现振动作用下集料颗粒的运动规律。

2.1 图像增强

将图 1 所示的沥青混合料截面图片转化为灰度

图片后,由于图片受到噪声的影响,所得到的灰度图像会产生模糊、太暗或太亮等问题。为了解决这些问题,恢复沥青混合料的真实信息,并增强其可测性,提高后续的图像分割、计算参数的可靠性,需进行图像的增强处理。这个过程包括图像对比度调节、图像平滑和图像锐化。

2.2 图像分割

沥青混合料由空隙、沥青和集料组成,可以通过对图像像素进行分类,将图像中的集料、沥青和空隙分割为一些特定的区域,再在集料区域中检测出不同粒径的集料颗粒,并把它们的图像储存,用于定量分析。这个过程包括选取合适的阈值将图像二值化,并通过边缘检测和跟踪,勾勒出集料的形状,将集料分割开来。

由于 2.36 mm 以下粒径的集料与沥青裹附的过于紧密,当利用上述方法来处理下页图 1 所示的试件截面时,难以将其与沥青分辨开,即便强制区分开也会为后续计算带来很大的误差,故而本项试验只研究 13.20、9.50、4.75、2.36 mm 这 4 档集料的运动特性。这 4 档集料组成了沥青混合料的骨架部分,其运动特性势必将影响整个沥青混合料的均匀性。处理结果如下页图 2 所示。

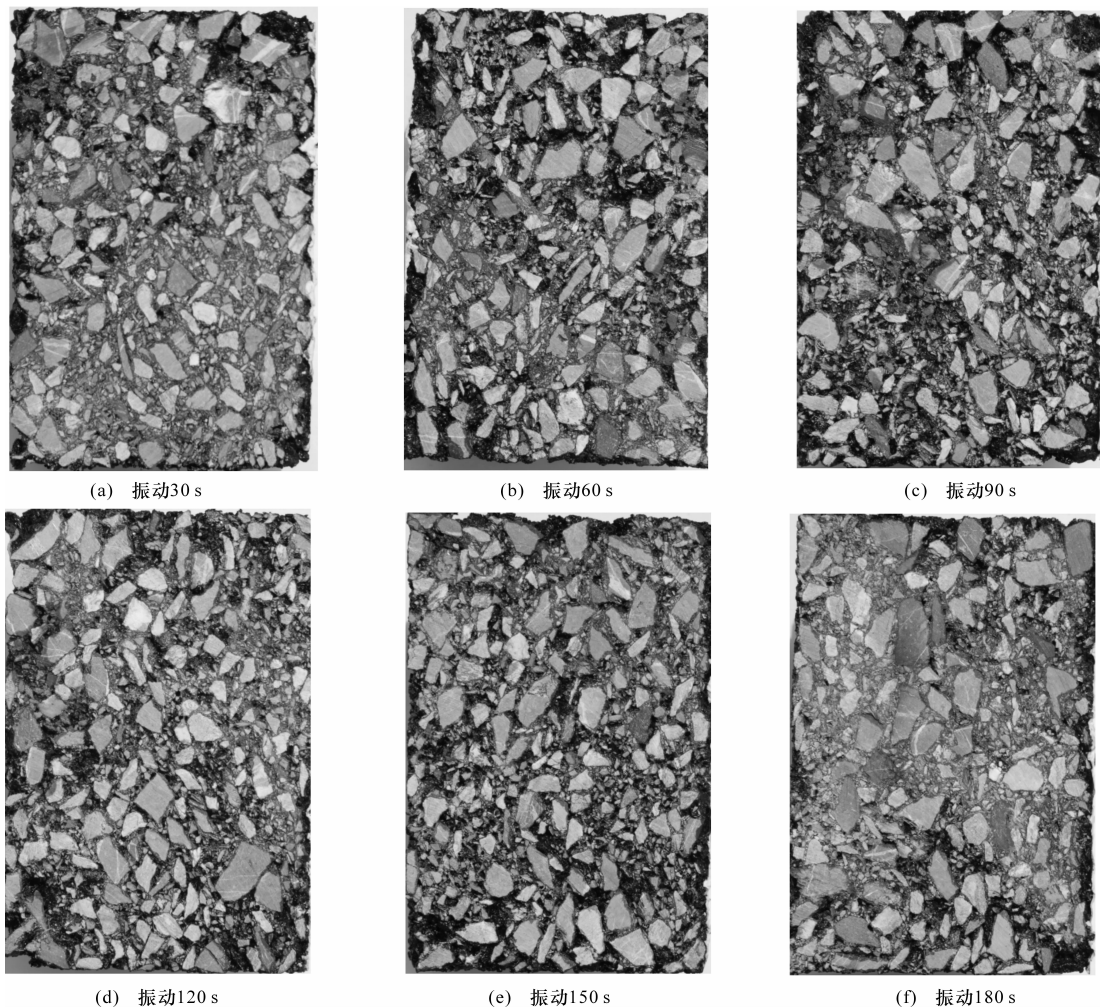


图1 沥青混合料试件的中心截面

2.3 参数计算

沥青混合料图像经分割后,可以初步看出集料分布的特点,但很难进行定量分析。因此,要对不同粒径的集料进一步计算,提取定量和定性的信息。

本文提取不同粒径集料的重心坐标,在此基础上计算出每档集料的合成重心,用以研究沥青混合料的运动特性。将试件剖面的横纵边界分别作为 x 轴与 y 轴,假设混合料在初始时刻是均匀的,即混合料的重心在试件的中心位置,标注出各档集料的重心每隔 30 s 随时间的变化情况,进而得到每档集料的运动趋势,见下页图 3 所示,图中右上方为放大的运动趋势,箭头为运动方向。

3 研究结果与分析

从图 3 可以看出,振动荷载作用后,13.20 mm 档集料随时间变化的运动趋势是相当明显的。从该剖面的放大图上来看,该档集料在水平和竖直方向上均做往返周期运动,而且在试验初始阶段竖直方

向上运动较明显,中期水平运动为主导运动方式,后期则又是竖直方向上运动占优势;集料整体运动幅度较大,对沥青混合料的离析影响较大。相比于 13.20 mm 档集料,9.50 mm 档集料随时间变化的运动趋势较缓和,整体运动方向与 13.20 mm 档集料也大体一致,对沥青混合料的离析有影响。相比于以上 2 档集料,4.75 mm 档和 2.36 mm 档集料随时间变化的运动趋势都不是很明显,它们的重心基本上都集中在剖面的中心位置,说明这 2 档集料整体上分布的较为均匀,对沥青混合料的离析影响程度不大。但这并不代表它们没有发生相对运动,从这 2 档集料各自的剖面放大图上来看,它们做的也是往复运动,与 13.20 mm 档集料运动的方向刚好相反,而且在水平竖直方向的剧烈程度随时间变化不大,这说明在沥青混合料形成骨架时,这 2 档集料起到了稳定骨架的作用。

将沥青混合料各档集料的试验数据作对比不难发现,在激振力的作用下,各档集料都发生了不同程

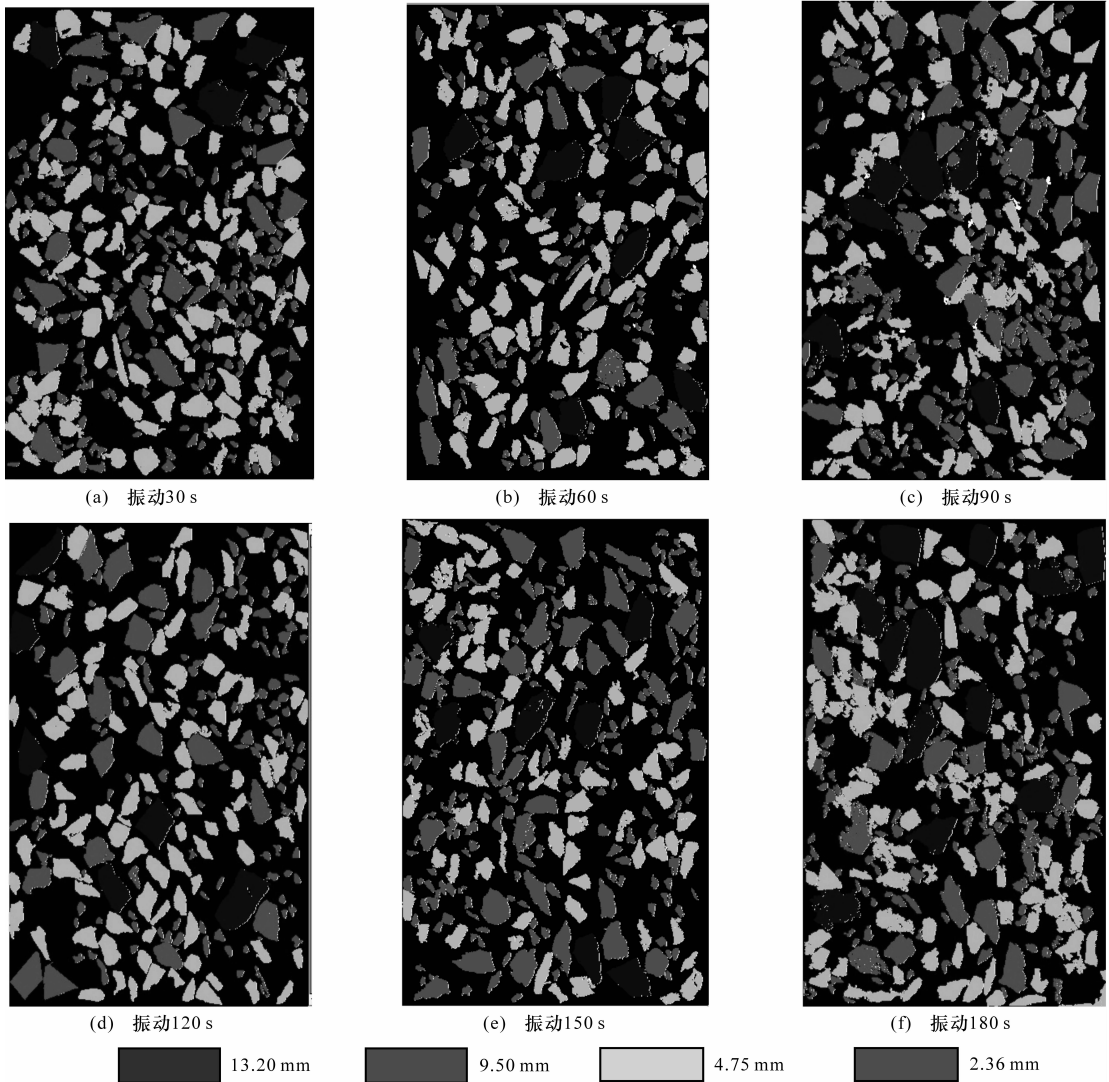


图2 数字图像处理技术处理后沥青混合料试件的中心截面

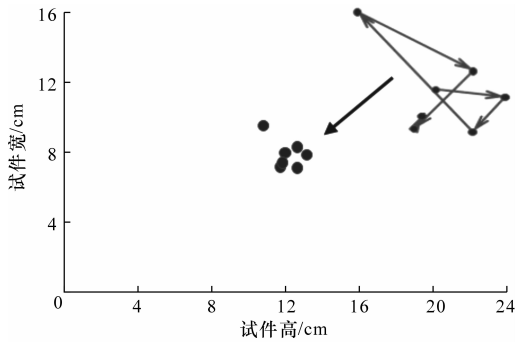
度的相对运动,只是运动的幅度不同而已。仔细分析其运动规律,发现集料大都是上下左右的往复运动,且 13.20 mm 档集料的运动最剧烈,对混合料的均匀性影响最大;9.50 mm 档集料次之,而 4.75、2.36 mm 这 2 档集料的运动相对缓和,对混合料的离析影响较小。这是因为,在竖直正弦振动刚被施加时,各档集料都是通过填补周边的空穴来调整自身位置,均有横向填充空穴和竖向填充空穴的机会。但是由于 13.20、9.50 mm 档集料的粒径和质量较大,故更容易受到重力和激振力的影响,它们在填充了其周边的空穴后,原有位置被空出来,又形成了新的空穴,由其他集料来填充,如此下去,一个集料的移动带动了其上面一系列集料的运动,从而形成了横向和竖向的流动。正如试验中观测到的一样,13.20 mm 档的集料先向上运动,到达容器顶部后又向混合料的内部运动。这是由于颗粒到达顶部后,

下面的颗粒继续向上运动,使到达顶部的颗粒的下部颗粒密度增大,压力也增大;在压力和碰撞能量传递的共同作用下,颗粒必须继续运动,但是由于器壁和容器顶的限制,颗粒只能去横向填充空穴,故颗粒运动到顶部后向内部运动。但对于 4.75、2.36 mm 这 2 档集料,由于它们粒径和质量均较小,所以受到大粒径集料在空间上的压迫时,只能向其相反的方向运动。振动持续一段时间后,混合料内部的空隙越来越少,集料之间的相互运动也越来越难,混合料趋于稳定,形成排列整齐的区域。

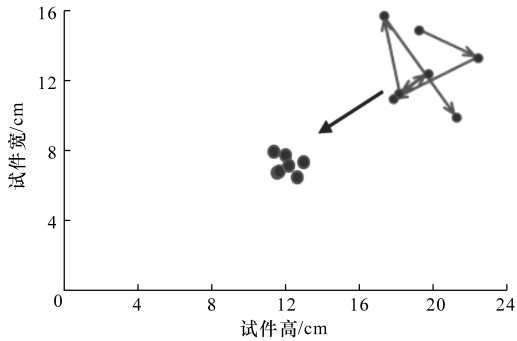
4 结 语

(1)在沥青混合料的振动压实过程中,粒径越大的集料运动趋势越明显,且做的是上下左右的往复运动。

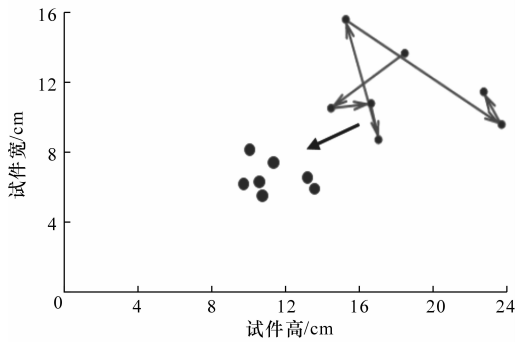
(2)构成沥青混合料骨架的粗集料中,4.75 mm



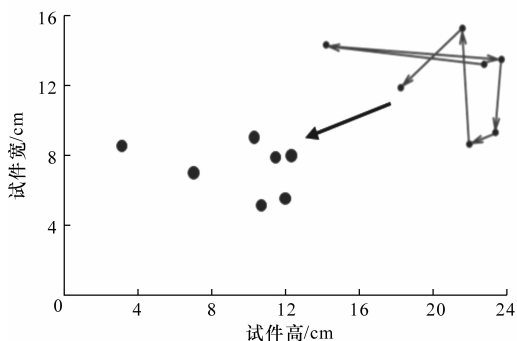
(a) 2.36 mm粒径集料重心随时间变化分布图



(b) 4.75 mm粒径集料重心随时间变化分布图



(c) 9.5 mm粒径集料重心随时间变化分布图



(d) 13.20 mm粒径集料重心随时间变化分布图

图3 2.36~13.20 mm档集料的分布与运动趋势

档和2.36 mm档集料起到了稳定骨架的作用。

参考文献:

References:

- [1] Kennedy T W, Tahmoressi M. Segregation of asphalt mixtures-causes[R]. Austin; Center for Transportation Research, Texas University, 1986.
- [2] Stroup-Gardiner M, Brown E R. Segregation in hot-mix asphalt pavements[M]. Washington DC; National Academy Press, 2000.
- [3] 彭余华, 沙爱民. 沥青路面不均匀的影响因素分析[J]. 公路交通科技, 2006, 23(6): 9-13.
PENG Yu-hua, SHA Ai-min. Analysis of influence factors on non-homogeneity of bituminous pavement [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23(6): 9-13.
- [4] 付辛, 彭勇. 沥青混凝土路面离析评价方法新构想[J]. 公路, 2005(8): 343-346.
FU Xin, PENG Yong. Idea of a new method for evaluating segregation in asphalt pavements[J]. Highway, 2005(8): 343-346.
- [5] 彭勇, 孙立军. 沥青混合料路面离析原因研究[J]. 公路交通科技, 2007, 24(5): 67-70.
PENG Yong, SUN Li-jun. Segregation causes for asphalt pavements[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(5): 67-70.
- [6] 包秀宁, 张肖宁, 吴旷怀, 等. 级配对矿质颗粒体离析的影响研究及应用[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2009, 48(6): 48-53.
BAO Xiu-ning, ZHANG Xiao-ning, WU Kuang-huai, et al. Research and application of the gradation impact on mineral granular masses segregation[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2009, 48(6): 48-53.
- [7] 吴文亮, 李智, 张肖宁. 基于数字图像技术的沥青混合料车辙试验研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2008, 25(3): 55-57.
WU Wen-liang, LI Zhi, ZHANG Xiao-ning. Study on rutting test of asphalt mixtures based on digital image processing technique [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2008, 25(3): 55-57.