

文章编号:1671-8879(2008)02-0001-04

大粒径碎石沥青混合料振动压实方法

沙爱民,王玲娟,耿 超

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:为了研究大粒径碎石沥青混合料的振动成型方法,采用自行研制的振动成型压实机,对大粒径碎石沥青混合料进行了不同配置条件下的振动压实试验;分析了各配置条件下大粒径碎石沥青混合料的密度、强度与各振动参数的关系,得出了最佳振动压实的参数组合,并在该配置条件下,进行了振动压实与马歇尔击实压实的对比试验。结果表明,振动压实法更为合理,既不易击碎石料,又能获得与马歇尔击实法相近的抗压强度和劈裂强度。

关键词:道路工程;大粒径碎石沥青混合料;振动压实;马歇尔试验

中图分类号:U414.75

文献标志码:A

Vibrating compaction method of large stone asphalt mixture

SHA Ai-min, WANG Ling-juan, GENG Chao

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education,
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Under different configurations of the vibratory compaction machine which is developed by the authors, this paper carried out the compaction tests on the large stone asphalt mixture. The relations between the density and strength of the mixture with the vibratory parameters were analyzed, and the optimal combinations of the vibratory parameters were found out, the comparison tests of the indices between the vibrating compaction and the Marshall compaction were carried out. The results show that the vibrating compaction is better than Marshall compaction. Under vibrating compaction, the aggregate in the mixture is not easy to be crashed, and the compactive and intensive strength values of the mixture are close to that compacted by the Marshall compaction. 6 tabs, 7 figs, 10 refs.

Key words: road engineering; large stone asphalt mixture; vibrating compaction; Marshall test

0 引 言

中国的沥青混合料配合比设计是按马歇尔试验法进行的,而马歇尔标准是以细集料密级配沥青混合料为基础建立的。对于以粗集料为主的大粒径碎

石沥青混合料,采用马歇尔击实法进行成型,很容易造成集料破碎,尤其是公称最大粒径附近的集料破碎,从而改变了级配,最终影响到沥青混合料的性质^[1-3]。近年来,振动压实机械以其高效率、低成本和显著的压实效果等经济优势,在公路建设中得到了广

收稿日期:2007-02-06

基金项目:陕西省交通科技项目(00-18G)

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

泛的应用。室内试验作为现场施工指导的基础,应当力求使室内试验真正模拟现场的工况^[4-6]。为此,本文对级配中以粗集料为主的大粒径碎石沥青混合料开展振动成型方法的研究,通过试验对比,建议采用振动成型法对大粒径碎石沥青混合料进行成型。

表 1 ATB-30 沥青混合料级配中值

筛孔孔径/mm	37.50	31.50	26.50	19.00	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
通过率/%	100	95.0	80.0	65.0	55.0	50.0	41.0	30.0	23.5	17.5	13.0	9.5	6.5	5.0

1.2 试验设备

研究采用自行研制的振动成型压实机,可近似地模拟振动压路机在材料表面的作业状况。振动压实机基本按照振动压路机的结构模型设计,其压实系统分为上、下两部分,下车系统提供激振力和部分静面压力;上车系统提供另外的部分静面压力。振动成型压实机的上、下车质量按“下车:整车=0.6”设计,用减振器把上、下车系统连结起来。

振动成型压实机由 2 个在垂直平面上对称布置的振动器施加振动力。振动压实的激振力通过调节 2 个偏心块的夹角来实现,在频率一定时,每个夹角即对应 1 个激振力值。振动压实的静面压力由上、下车质量和上、下车配重块以及压头的质量组成。振动压实效果与频率、名义振幅和激振力等振动参数有关。名义振幅与下配重块数和偏心块夹角有关,激振力只与频率和偏心块夹角有关^[7],因此振动压实的效果与静面压力、频率和偏心块夹角有关。所以,描述振动压实的条件应该包括频率、静面压力和偏心块夹角等参数。

本次试验振动成型试件尺寸为 $\Phi 152 \text{ mm} \times (95.3 \pm 2.5) \text{ mm}$ 。

1.3 试验方法

试验是在所选级配组成的最佳油石质量比下进行不同配置条件的振动成型,以期找出最佳的振动成型参数组合。级配组成的最佳油石质量比通过马歇尔击实试验确定。试验采用密度和 20°C 无侧限抗压强度作为压实效果的评价指标。混合料密度采用体积法测定,混合料的拌和、装模和插捣等都依照马歇尔击实试验的标准进行。

根据现场达到脱耦工况时停止振动压实的现状,室内振动成型试验采用单面振动压实,以振动压实机出现剧烈的跳振现象为达到要求的标准振实状态。从理论上讲,这个压实状态应是该压实条件下能达到最好压实效果的压实状态。这是因为:①为

1 研究方法

1.1 混合料级配

采用《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F4D-2004)的 ATB-30 沥青混合料级配中值(表 1)。

了与工程施工的时间控制方式相对应;②为了保证试验设备和试验结果的稳定性,压头剧烈跳起的大振幅振动对减振器和振动器本身的损伤大;③出现剧烈的跳振现象时,压头跳起很高,混合料实际上是在冲击力作用下压实,而不是在振动作用下压实,这已不是“振动成型”而是类似于“击实成型”。

2 振动成型试验结果与分析

2.1 不同配置条件下的试验结果

在参考本振动成型压实机已有研究的基础上,选取 5 个典型的配置条件进行试验研究。

用“S(上配重块数)X(下配重块数)JJ(偏心块夹角)”格式表示振动配置条件。如“S4X8JJ30”表示上配重块为 4 块,下配重块为 8 块,偏心块夹角为 30° 。各配置条件下的试验状况见表 2~表 6。

表 2 配置条件 I 的试验结果

配置条件	S4X8JJ0			
静面压力/kPa	112			
频率/Hz	26	28	29	30
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.256	2.266	2.235	2.278
抗压强度/MPa	3.86	4.75	4.57	5.01
振动状况	5 min 未跳起	95 s 跳起	20 s 跳起	10 s 跳起

表 3 配置条件 II 的试验结果

配置条件	S4X8JJ30				
静面压力/kPa	112				
频率/Hz	26	27	28	29	30
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)		2.235	2.223	2.215	2.229
抗压强度/MPa		4.68	4.72	4.13	5.24
振动状况	392 s 未跳起	278 s 跳起	94 s 跳起	20 s 跳起	10 s 跳起

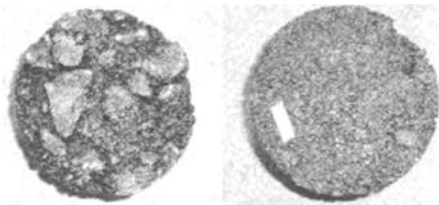
表 4 配置条件 III 的试验结果

配置条件	S3X6JJ30		
静面压力/kPa	104		
频率/Hz	26	27	28
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.250	2.274	2.297
抗压强度/MPa	4.23	5.25	5.59
振动状况	5 min 未跳起	127 s 跳起	115 s 跳起

表 5 配置条件Ⅳ的试验结果			
配置条件	S3X6JJ60		
静面压力/kPa	104		
频率/Hz	26	28	30
密度/(g·cm ⁻³)	2.191	2.292	2.253
抗压强度/MPa	2.60	4.00	3.49
振动状况	5 min 未跳起	133 s 跳起	30 s 跳起

表 6 配置条件Ⅴ的试验结果				
配置条件 ¹	S3X6JJ90			
静面压力/kPa	104			
频率/Hz	28	29	30	31
密度/(g·cm ⁻³)	2.189	2.221	2.177	2.208
抗压强度/MPa	2.87	3.14	2.67	2.72
振动状况	5 min 未跳起	62 s 跳起	61 s 跳起	30 s 跳起

(1)试验时,当振动时间超过 5 min,而振动器仍然没有回弹跳起时,则人为停止振动。这是因为振动时间过长,可能会造成混合料严重分层^[8]。试验中确实发现混合料的分层现象(图 1)。但是,与有关试验结果所描述的不同之处是,细集料大部分处于试件下层。这可能是本研究的级配虽然空隙率比较大,但是大颗粒粒径却相对更大,且数量也很多。所以大颗粒不容易移位,而细集料相比之下数量少且粒径小,因此比较容易移动。所以在振动作用下,细集料就透过大空隙被振动到了下层。



(a) 试件顶面 (b) 试件底面
图 1 长时间振动下混合料的分层现象

(2)表 3 中,振动频率 26 Hz 时没有密度和抗压强度结果。这是因为振动停止后,当把试模从底座卸下时,试件自行从试模内脱落而松散。可见,在长时间的振动而不发生回弹跳起的振动压实状态下,振动成型试件的密实度很差。

2.2 试验结果分析

(1)由各配置条件下频率与振动回弹跳起时间的关系(图 2)可见,不论是哪种配置条件,振动回弹跳起时间都随频率的增大呈减少的趋势,且曲线由陡逐渐变缓。

(2)根据密度数据的变化可知,振动回弹跳起时间过长或过短都不易达到振实。时间过长,振动易使材料出现分层,达不到最佳密实度;时间过短,材料只是表面比较密实,而靠近底面的部分还不够密实,因此也不可能是最佳的密实状态。由试验结果

可知,振动回弹跳起的时间约为 2 min 比较合适。

(3)密度和抗压强度的变化规律基本一致。鉴于强度差别比较明显,且数据离散较小,可以用强度来评价压实效果。

(4)在相同的静面压力(104 kPa)和频率(28 Hz)下,强度随偏心块夹角的增大而减小(表 4~表 6,图 3)。

(5)在 5 种配置条件下,达到最大密度和最大强度的配置条件为 S3X6JJ30。即最佳振动参数组合为:上配重块为 3 块,下配重块为 6 块,偏心块夹角为 30°,振动频率为 28 Hz。

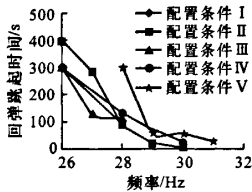


图 2 频率与回弹跳起时间的关系曲线

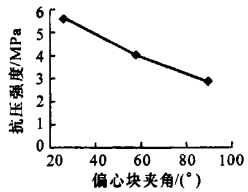


图 3 偏心块夹角与抗压强度的关系曲线

3 振动成型与马歇尔击实成型对比

3.1 试验结果

按照最佳振动参数组合,对同一级配混合料按马歇尔击实成型确定的最佳油石质量比(3.4%)振动成型试件,试件尺寸为 $\Phi 152\text{ mm}\times 95.3\text{ mm}$ 。振动时间仍以振动压实机出现回弹跳起或脱耦现象为标准。测定其密度和强度,并与击实成型的试验结果对比(图 4、图 5)。

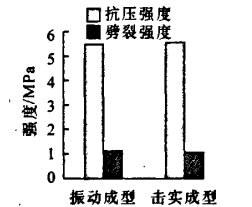


图 4 强度对比

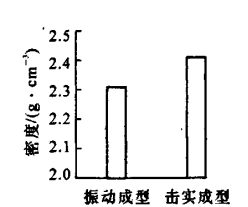


图 5 密度对比

试验结果表明:①振动成型试件的密度与击实成型试件的密度相近,但要略小一些;②振动成型试件的抗压强度、劈裂强度与击实成型试件的基本相同。可见,振动成型试件的强度完全可以达到击实成型试件的强度。

3.2 结果分析

(1)振动的密度比击实的密度要小,但抗压强度和劈裂强度基本相同。其原因可能是,击实是靠一种强制性的冲击力强迫集料颗粒向下移动。在这种成型方式下,大粒径集料很容易被击碎,较细集料在一次次的冲击力作用下被填充在空隙里,从而达到

密实状态;而振动成型的密实为:振动作用使被振压材料的内摩擦阻力减小,剪切强度降低,抗压阻力变得很小,材料在重力作用下易于压实。因此击实成型时石料破碎严重,而振动成型时,很少有集料被击碎的现象。图 6 中颜色发白的石料,即是击实成型中被击碎的石料的破碎面。由于破碎严重,所以当成型完成后,揭去试件表面的护纸,掉渣现象比较严重,如图 7 所示。因此,击实所达到的较大的密度是以击碎大颗粒集料、改变原有级配为代价的,而振动成型的密度才是既定级配的真实密度。

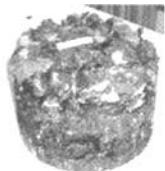


图 6 击实试件集料的破碎

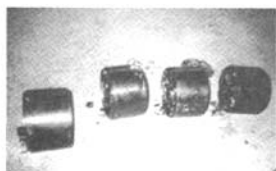


图 7 击实试件揭纸后的掉渣

(2)振动成型试件密度虽然比击实成型的低,但是强度能达到击实成型试件的强度。这说明振动在不击碎石料、不改变级配的前提下,仍能达到比较高的强度。其强度主要来自骨料在振动过程中重新排列组合,较充分地形成了骨架结构。大粒径碎石沥青混合料不宜用击实法成型,因为击实易造成集料破碎,尤其是公称最大粒径附近的集料严重破碎,从而改变了既定级配的组成,使所选级配失去了原有意义,最终影响到混合料的性质^[9-10]。因此建议采用振动成型法成型大粒径碎石沥青混合料。

4 结 语

(1)多种振动参数组合下的大粒径碎石沥青混合料振动成型试验,不论是哪种配置条件,振动压实达到耦合即压头回弹跳起时间都随频率的增大而减少,且曲线由陡逐渐变缓;振动回弹跳起时间过长或过短都不易达到密实,2 min 左右比较合适;由于不同配置条件下的强度差别比较明显,且数据离散较小,所以用强度评价压实效果;在相同的静面压力和频率下,强度随偏心块夹角的增大而减小;本试验条件下最佳振动参数组合:上配重块为 3 块,下配重块为 6 块,偏心块夹角为 30°,振动频率为 28 Hz。

(2)由对比试验可得出:在不击碎石料的前提下,大粒径碎石沥青混合料振动成型能获得与马歇尔击实相近的抗压强度和劈裂强度。笔者建议采用振动成型法成型大粒径碎石沥青混合料。

参考文献:

References:

[1] 解晓光,马松林,王哲人. 沥青混合料马歇尔击实法与

振动压实法成型工艺的比较研究[J]. 中国公路学报, 2001,14(1):9-12.

XIE Xiao-guang, MA Song-lin, WANG Zhe-ren. Study of compacting properties of asphalt mixture with MARSHALL and vibratory compaction method [J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14(1):9-12.

[2] 哈尔滨工业大学. 柔性基层室内试验阶段性报告 [R]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2002.

[3] 石 刚,支喜兰,谢永利,等. 冲击压实和强夯加固地基效果分析[J]. 交通运输工程学报,2006,6(4):52-56.

SHI Gang, ZHI Xi-lan, XIE Yong-li, et al. Effect analysis of percussive compaction and dynamic compaction on roadbed reinforcement[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(4): 52-56.

[4] 葛折圣,黄晓明. 沥青混合料应变疲劳性能的试验研究[J]. 交通运输工程学报,2002,2(1):34-37.

GE Zhe-sheng, HUANG Xiao-ming. Study on asphalt mixtures fatigue properties by testing [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002,2(1):34-37.

[5] 彭 勇,孙立军. 沥青混合料均匀性与性能变异性的关系[J]. 中国公路学报,2006,19(6):30-34.

PENG Yong, SUN Li-jun. Relation of homogeneity and performance variation of asphalt mixture [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(6):30-34.

[6] 张嘎吱,沙爱民. 悬浮骨架密实结构配合比设计[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004,24(1):1-4.

ZHANG Ga-zhi, SHA Ai-min. Mix design of suspended framework dense structure[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(1):1-4.

[7] 李美江. 道路材料振动压实特性研究[D]. 西安:长安大学,2002.

[8] 李 冰,焦生杰. 振动压路机与振动压实技术[M]. 北京:人民交通出版社,2001.

[9] Lin H D, Wang C C. Stress-strain-time function of clay [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1998, 124(4):289-296.

[10] 胡力群,沙爱民. 振碾式乳化沥青-水泥混凝土的路用性能[J]. 长安大学学报:自然科学版,2007,27(2):12-15.

HU Li-qun, SHA Ai-min. Road performance of vibration-compaction emulsified-asphalt cement concrete[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2007, 27(2):12-15.