

文章编号: 1005-0523(2008)05-0028-04

基于正交方法的沥青混合料影响因素显著性分析

陈富强¹ 邹晓翎¹ 陈富坚^{1,2} 宋永朝¹

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室 上海 201804; 2. 桂林工学院 土木系 广西 桂林 541004)

摘要: 基于正交试验方法, 采用室内车辙碾压成型和钻心取样相结合的试验方法, 分别测定了整块车辙板试件的密度和钻心芯样的空隙率, 综合分析了影响沥青混合料的级配关键筛孔和显著试验条件。同时, 基于 MATLAB 7.0 软件分析了车辙碾压成型试件密度和钻心取样试件密度的相关关系, 其相关系数为 0.95, 线性相关性良好, 可为沥青混凝土路面检测工作提供理论依据。

关键词: 沥青混合料; 级配设计; 正交设计; 车辙试件密度; 芯样密度; 关键筛孔; 显著性; 相关分析

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

沥青路面结构的早期破坏, 一定程度上削弱了其使用性能, 缩短了其使用寿命, 同时给本已繁重的养护工作增加了很大压力, 也增加了养护成本, 阻碍了沥青路面结构及其应用技术的进一步推广, 引起了越来越多研究者的关注。在对路面早期破坏现象广泛调查的基础上, 国内外道路科研工作者发现, 沥青混合料的高温抗车辙能力有 70% 依赖于矿料级配的嵌挤作用, 而沥青的贡献只有 30%^[1]。

鉴于此, 本文从混合料组成入手并结合相应试验条件, 基于正交试验方法, 选取 11 个对沥青混合料高温性能影响较大的因素及 5 个水平, 安排 $L_{50}(5^{11})$ 组进行正交试验, 采用室内车辙碾压成型和钻心取样相结合的试验方法, 对试件成型方法和指标测定方法进行了改进, 综合考虑了整块车辙试件的密度和芯样的密度, 分析了影响沥青混合料性能的级配关键筛孔和显著试验条件。同时, 基于 MATLAB 7.0 软件分析了车辙碾压成型试件密度和钻心取样试件密度的相关关系, 可为沥青混凝土路面检测工作提供理论依据。

1 试验概况

1.1 原材料选择

胶结料和集料均来自重庆。由于是用作表面层, 选用了坚固的花岗岩作为粗集料, 并尝试把 2.36 mm 以上的都采用粗集料, 压碎值为 9.1%, 磨耗值 12.3%, 视密度 2.73 g/cm^3 ; 2.36 mm 以下的细集料则采用石灰岩, 表观相对密度 2.713 g/cm^3 , 砂当量为 75.2%, 坚固性为 3%; 矿粉过 0.075 mm 的方孔筛后使用; 沥青胶结料选用 SBS-70# 改性沥青, 针入度为 74(0.1 mm), 软化点(环球法)为 79, 延度为 55 cm, 密度为 1.033 g/cm^3 。

1.2 试验方案

选用 11 个因素, 5 个水平进行正交设计, 试验组数为 50 组。首先用车辙成型仪成型车辙试件, 然后测定整块试件的密度, 经由钻心一切割一磨平, 保证各个芯样试件毛体积均一, 消除其大小对测定结果的影响, 再测定圆柱体试件的密度、空隙率、饱和度、流值和稳定度等体积和力学参数, 以便得出显著因素并指导混合料组成设计。

1) 成型方法的改进

收稿日期: 2008-06-25

作者简介: 陈富强(1978-) 男, 广西人, 博士, 研究方向为道路与铁道工程。

采用马歇尔方法的改进:轮碾法成型.试件成型方法影响很大,美国 NCAT 曾对人工击实、机械击实、机械击实用倾斜压头和旋转方法、德可萨斯搓揉、工程师兵团搓揉、维姆成型法进行成型试件并测定最佳沥青用量,发现其结果差异较大^[2].而实际工程中的路面结构是碾压成型所得,故采用轮碾法成型试件,以得到与实际更为接近的数据作为研究.

2) 物理指标测定方法的改进

配合比设计中所列出的体积指标大都是由击实法马歇尔试件测得,而车辙板是碾压成型,实际工程中的路面结构也是碾压成型所得,故有必要对车辙板的体积指标进行测定.

对于车辙板空隙率的测定主要有对小梁试件测量和整个车辙板测量两种方法.沥青混合料的空间可以分成开口孔隙和闭合孔隙,考虑到小梁试件是从车辙板内部取样,在成型时要将外表面切割光滑,这就造成了车辙板试件表面的一部分开放型孔隙要被切除,将造成所得空隙率可能偏小的结果.而对于整个车辙板来说,它的结构更接近路面实际状态,有较好的相关性,故本试验中采用了对整个板结构的测量方法,用表干法对所有试件进行了测定.同时,为便于比较,对车辙板进行钻心取样(可钻取 5 个),并同样测定芯样的密度,取 5 个测定结果的平均值.

3) 正交试验因素与水平组合表

正交试验所选取的试验因素和水平详见表 1.

表 1 Mixture - 13 正交试验因素与水平组合表

拌和温度	油石比	矿粉种类	矿粉用量	0.075~0.15	0.15~0.3	0.3~0.6	0.6~2.36	2.36~4.75	9.5 通过率	9.5~13.2
165	3.5	A	3.5	1	1	2	9	5	65	9.5
170	4.0	B	5.0	2	2	5	13	7	70	10.5
175	4.5	C	6.5	3	3	8	17	9	75	11.5
180	5.0	D	8.0	4	4	11	21	11	80	12.5
185	5.5	E	9.5	5	5	14	25	13	85	13.5

注:表中温度单位为℃;其余均为%.此外,除 9.5 档用通过率控制外,其余均是该档所占比例.

2 试验结果分析

根据正交试验表安排 50 组试验,分别成型车辙试件 300 mm × 300 mm × 70 mm,测出车辙试件和钻心试件(φ101.6 mm × 64.0 mm)的密度、稳定度和流值,并计算出其空隙率和饱和度等指标,由于因素全部占满了正交表各列,没有空列,方差为零,无法进行方差分析,只进行极差分析^[3].如图 1~4 所示.

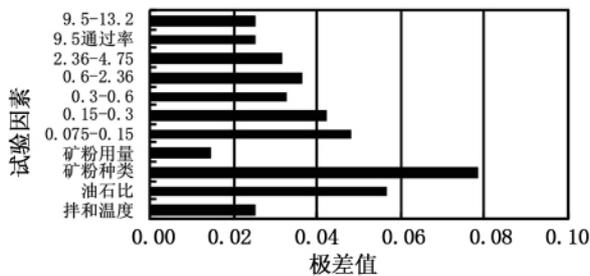


图 1 正交试验各因素对车辙试件密度的影响

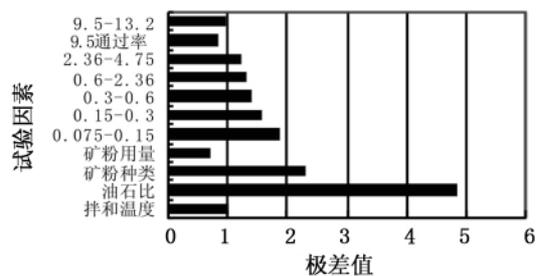


图 2 正交试验各因素对车辙试件空隙率的影响

由各直观分析图可以看出:

(1) 车辙密度方面,矿粉种类对其影响最为显著,其次是油石比.影响的大小顺序为:矿粉种类 > 油石比 > 0.075~0.15 含量 > 0.15~0.3 含量 > 0.6~2.36 含量 > 0.3~0.6 含量 > 2.36~4.75 含量 > 拌和温度 > 9.5~13.2 含量 > 9.5 通过率 > 矿粉用量

(2) 车辙试件空隙率方面,油石比对其影响最为显著,矿粉用量最小.影响大小顺序为:油石比 > 矿粉种类 > 0.075~0.15 含量 > 0.15~0.3 含量 > 0.3~0.6 含量 > 0.6~2.36 含量 > 2.36~4.75 含量 > 拌和温度 > 9.5~13.2 含量 > 9.5 通过率 > 矿粉用量

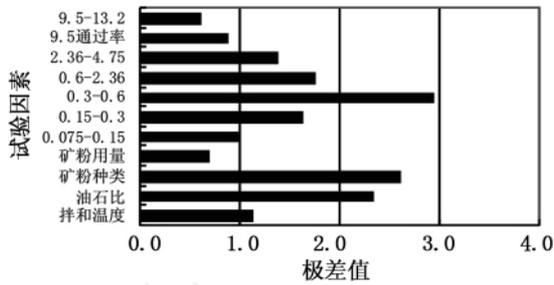


图3 正交试验各因素对钻心试件稳定度的影响

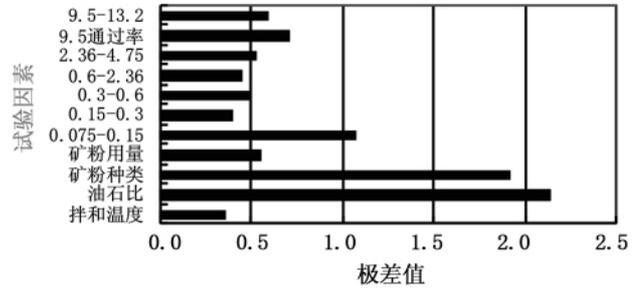


图4 正交试验各因素对钻心试件流值的影响

(3) 稳定度方面 0.3~0.6 含量对其影响最为显著, 矿粉种类, 油石比次之. 影响大小顺序为: 0.3~0.6 含量 > 矿粉种类 > 油石比 > 0.6~2.36 含量 > 0.15~0.3 含量 > 2.36~4.75 含量 > 拌和温度 > 0.075~0.15 含量 > 9.5 通过率 > 矿粉用量 > 9.5~13.2 含量

(4) 流值方面, 油石比和矿粉种类对其影响最为显著. 影响大小顺序: 油石比 > 矿粉种类 > 0.075~0.15 含量 > 9.5 通过率 > 9.5~13.2 含量 > 矿粉用量 > 2.36~4.75 含量 > 0.3~0.6 含量 > 0.6~2.36 含量 > 0.15~0.3 含量 > 拌和温度

3 空隙率相关性分析

本研究中, 分别测定了整块车辙板的密度和钻心试件的密度, 发现车辙试件的密度普遍比钻心试件的小, 即钻心试件的空隙率减小了, 其原因之一是钻心试件经过钻心和切割后, 很多表面开口孔变成了闭口孔; 其二是经过钻心-切割后改变了钻心试件的级配组成, 最大理论密度发生了改变, 而在计算其密度时仍采用原有级配的最大理论密度. 二者的共同作用使得两者在数值上存在一定的差异, 见图5.

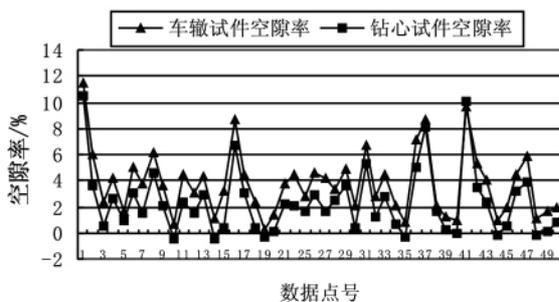


图5 车辙试件空隙率与钻心试件空隙率分布图

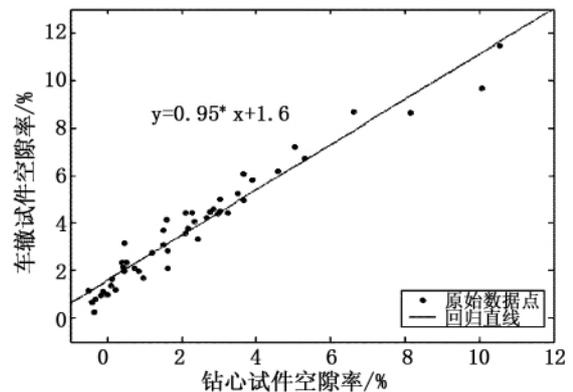


图6 车辙试件空隙率与钻心试件空隙率的相关关系图

为了找出其内在关联性, 并方便路面检测工作中通过现场钻心芯样来预测路面原来实际空隙率大小, 基于 MATLAB 7.0 软件^[4], 对车辙碾压成型试件空隙率和钻心取样试件空隙率数据进行相关分析, 如图6 分析结果表明, 其线性相关性良好, 相关系数达 0.95, 残差仅为 3.978 4.

4 结论

(1) 正交试验结果表明, 在所选择的因素当中, 针对不同指标其影响因素存在较大的不同, 如对密度显著影响因素有矿粉种类和油石比, 对车辙试件空隙率的显著因素为油石比, 对稳定度的显著影响有 0.3~0.6 含量、矿粉种类和油石比, 而对流值的显著因素则为油石比和矿粉种类. 因此, 有必要进行多指标综合评价, 以达到优化设计的目的.

(2) 车辙试件的密度普遍比钻心试件的小, 即钻心试件的空隙率变小了, 钻心切割后孔隙分布状况和最

大理论密度的改变使得两者存在一定的差异.

(3) 对车辙试件与钻心试件空隙率进行的相关分析表明,两者存在显著的线性相关性.

(4) 尝试了采用轮碾法成型试件,这在成型方法上与实际状况较为接近,而且从钻心试件可以看出,基本上未发现明显的矿料挤碎或破碎现象,比马歇尔标准击实法显得更为合理.

参考文献:

- [1] 李立寒. 道路建筑材料[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [2] JTJ 052 - 2000. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [3] 刘振学, 黄仁和, 田爱民. 实验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] Delores M. Etter, David C Kuncicky, Holly Moore, 邱李华译. MATLAB 7 及工程问题解决方案[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

An Analysis on Affecting Factors of Asphalt Mixture Based on Orthogonal Method

CHEN Fu - qiang¹, ZOU Xiao - ling¹, CHEN Fu - jian^{1, 2}, SONG Yong - chao¹

- (1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804;
2. Department of Civil Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Based on orthogonal test method, and by using indoors rutting molding method and coring method, the void rate of both the whole rutting specimens and coring specimens is measured and gradation key sieves and significant test conditions that influence asphalt mixture are comprehensively analyzed. Meanwhile, based on MATLAB 7.0 software, the correlation between void rate of rutting specimens and rate of coring specimens is also determined. It shows that there is a good relationship between them and its correlation coefficient is as high as 0.95, which can provide methods for the detection work of asphalt pavement engineering.

Key words: asphalt mixture; gradation design; orthogonal design; void rate of rutting specimen; void rate of coring specimen; key sieve; significance; correlation analysis

(责任编辑: 王建华)

