

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2020.11.049

预处理技术对 RAP 组成与性能的影响

祁文洋

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092)

摘要: 基于现场取样和室内试验,分析了铣刨方式对 RAP 组成与性能的影响,分析了铣刨速度、破碎处理与否对 RAP 级配组成的影响。结果表明:分层铣刨回收显著降低了 RAP 组成变异性;铣刨速度宜控制在 6~8 m/min;破碎处理工艺有利于提高 RAP 的再生利用率。

关键词: 路面回收料;预处理技术;RAP 组成;变异性

中图分类号: U418.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0182-04

0 引言

RAP 预处理主要发生于 RAP 的回收、破碎筛分阶段^[1-2]。不同道路沥青路面、同一路段不同路段的沥青路面、同一路段相同路段沥青路面的不同层位均采用不同种类的沥青混合料铺筑;同一种沥青混合料在沥青路面长期使用过程中,由于各种环境因素的影响及荷载作用,会发生沥青性质和集料级配的变化^[3]。以上皆有可能导致回收的 RAP 组成和性能产生变异,为确保回收的 RAP 具有较好品质,需对 RAP 进行预处理。

目前在一些沥青路面热再生工程中,对 RAP 的预处理缺乏足够重视和系统的技术支持。本文基于现场取样和室内试验,分析了铣刨方式对 RAP 组成与性能的影响,分析了铣刨速度、破碎处理与否对 RAP 级配组成的影响,以期为 RAP 预处理提供参考。

1 试验设计

1.1 取样

1.1.1 乍嘉苏、申嘉湖高速公路 RAP 取样

乍嘉苏高速公路于 2002 年 10 月竣工通车使用,至今已运营十多年;申嘉湖高速公路于 2008 年通车,至今也已运营十多年。两条高速公路沥青路面均已出现横向裂缝、纵向裂缝、车辙、网裂、沉陷等各类病害,需进行养护维修。采用的养护维修方案均为整体铣刨原路面沥青面层,进行厂拌热再生。

在对乍嘉苏、申嘉湖高速公路沥青面层进行铣刨时,对 18 cm 的沥青面层进行了整体式铣刨,

铣刨后的 RAP 未经任何处理直接堆放于料库。乍嘉苏、申嘉湖高速公路铣刨获取的路面 RAP 代号分别为 RAP-1、RAP-2。分别对料库中堆放的 RAP-1、RAP-2 在料堆上不同位置进行取样, RAP-1、RAP-2 料堆在料库中的堆放位置及试验取样位置编号如图 1 所示。

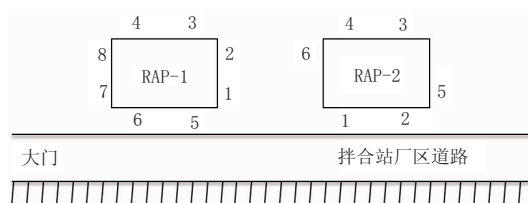


图 1 两种 RAP 堆放位置及取样位置编号示意图

1.1.2 杭甬高速公路 RAP 取样

杭甬高速公路自竣工通车以来,至今已运营十多年,由于使用年限较长及重载车的大量增加,路面的使用性能产生一定程度的衰减,并出现不同程度的路面损坏,需对其进行养护维修。采用的养护维修方案为在路况调研的基础上,铣刨原路面面层损坏部位,进行厂拌热再生。

在对杭甬高速沥青路面进行铣刨时,根据原沥青路面使用状况,采用分层铣刨方式回收 RAP,仅铣刨回收了沥青路面的上面层,铣刨获取的 RAP 送至料场后进行单独临时堆放,然后送至拌合站进行厂拌热再生。

杭甬高速公路铣刨获取的路面 RAP 代号为 RAP-3。RAP-3 的取样为在原沥青路面不同位置铣刨后直接进行取样。

1.1.3 浙江顺畅高等级公路 RAP 取样

浙江顺畅高等级公路养护公司萧山项目部堆放的 RAP(代号 RAP-4)由于设计需求,需对其重新进行筛分分档。RAP-4 中含有较多团块,在筛分前需先进行破碎,所采用的破碎设备为鄂式轻型破

收稿日期: 2020-04-15

作者简介: 祁文洋(1985—),男,博士,讲师,从事道路工程设计与研究工作。

碎机。RAP-4 团块破碎后, 筛分为 9.5~16 mm、4.75~9.5 mm、0~4.75 mm 三档。

在破碎筛分前后的 RAP-4 料堆上分别各随机选择一处位置进行取样, 并将所取 RAP 样品平均分成 10 份, 用以进行平行试验。

1.1.4 浙江省 04 省道余杭段取样

浙江省 04 省道是浙江省北部重要省道之一, 是连接杭州市区与安吉县的主要通道。在实施改建加铺施工之前, 采用铣刨机以不同速度对沥青表层进行冷铣刨。在不同铣刨速度下, 对现场材料进行取样。

1.2 试验设计

RAP 组成与性能的分析内容包括 RAP 级配、RAP 油石比、RAP 中旧集料级配组成与旧沥青性能。旧沥青性能指标选取针入度、软化点及延度。依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)^[4], 首先采用离心抽提法与阿布森法进行抽提回收试验, 以测定 RAP 油石比, 同时将旧沥青与旧集料分离, 然后对旧沥青进行针入度(25℃)、软化点、延度(15℃)试验。按照《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)^[5], 对 RAP 中的旧集料进行筛分试验。

1.3 RAP 质量变异性的分析

在数理统计中, 采用标准差 S 和变异系数 C_v 等分析样本的变异情况。标准差 S 与变异系数 C_v 是衡量样本数据离散程度的指标。在试验和检测中, 如果样本容量为 n , 数据为 X_1, X_2, \dots, X_n , 平均值 \bar{X} 、标准差 S 、变异系数 C_v 可分别按式(1)~式(3)计算:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3)$$

极差可在一定程度上反映样本数据的变动范围, 但由于极差只取决于两个极端值的水平, 无法真实完整地反映出数据的变量分布情况, 极端值的不稳定性也会影响到极差的计算与分析结果。在工程统计中常常用方差或标准差作为衡量随机变量取值均匀程度的数量指标。然而当两个随机变量的标准差 S 相等时, 只能表明这两个随机变量的数据分别围绕各自的平均值 \bar{X} 取值的均匀程度相同, 并不能认为这两个随机变量各自取值的分散程度相同。

要比较两个随机变量取值的均匀程度与自身

取值大小的相对关系, 必须采用随机变量的变异系数 C_v 来反映某一随机变量本身的不稳定性。因此本文采用变异系数来分析评价 RAP 组成和性能的变异性。

2 试验结果与分析

2.1 回收方式对 RAP 组成与性能的影响

2.1.1 RAP 油石比的分布

对不同取样位置的 RAP-1、RAP-2、RAP-3 的油石比进行测试, 并分别计算三种 RAP 油石比的平均值、标准差和变异系数, 结果见表 1。

表 1 RAP 油石比的平均值、标准差及变异系数

RAP 类型	铣刨	平均值	标准差	变异系数 /%
RAP-1	整体	4.00	0.22	5.55
RAP-2		3.96	0.22	5.47
RAP-3	分层	4.74	0.15	3.19

由表 1 可以看出, 采用整体铣刨、分层铣刨所得 RAP 油石比的变异系数分别为 5.50%、3.19%。与整体铣刨 RAP 相比, 分层铣刨 RAP 油石比的变异系数明显降低, 降幅为 42%左右。在整体铣刨回收的 RAP 中, 包含有不同层位的沥青面层材料, 而不同层位的沥青面层材料所采用的沥青用量不同, 这使得整体铣刨回收 RAP 油石比差异较大。

2.1.2 旧沥青性能

对不同取样位置的 RAP-1、RAP-2、RAP-3 进行抽提试验后, 测试三种 RAP 回收旧沥青的各性能指标, 并分别计算各性能指标的平均值、标准差和变异系数, 结果见表 2。

表 2 RAP 旧沥青各性能指标的平均值、标准差及变异系数

RAP 类型	指标	平均值	标准差	变异系数 /%
RAP-1	针入度	11	1.92	16.90
	软化点	71.4	1.02	1.42
	延度	2	1.58	90.35
RAP-2	针入度	10	1.94	19.09
	软化点	71.2	1.13	1.58
	延度	2	1.67	83.67
RAP-3	针入度	10	0.75	7.66
	软化点	74.2	0.78	1.04
	延度	3	1.94	61.29

由表 2 可见, 整体铣刨 RAP 中旧沥青针入度、软化点、延度指标的变异系数均值分别为 18%、1.5%、87%; 分层铣刨 RAP 中旧沥青针入度、软化

点、延度指标的变异系数分别为 7.7%、1.04%、61.3%。与整体铣刨 RAP 相比,分层铣刨 RAP 中旧沥青针入度、软化点、延度指标的变异系数明显降低,降幅分别为 57%、31%、30%左右。

2.1.3 旧集料各筛孔通过百分率

对不同取样位置的 RAP-1、RAP-2、RAP-3 进行筛分试验,分别计算三种 RAP 在各筛孔通过百分率的平均值、标准差和变异系数,将变异系数绘制于图 2。分析图 2 可知,分层铣刨 RAP 中旧集料在 0.075~0.3 mm、13.2 mm、16 mm 筛孔处的通过百分率变异系数大于整体铣刨 RAP,而其在 0.6~9.5 mm 筛孔处的通过百分率变异系数较小。虽然分层铣刨 RAP 中旧集料在部分筛孔处的通过百分率变异系数较大,但大部分筛孔的通过百分率变异系数较小。总体而言,与整体铣刨回收相比,分层铣刨回收在一定程度上降低了 RAP 中旧集料各筛孔通过百分率的变异性。

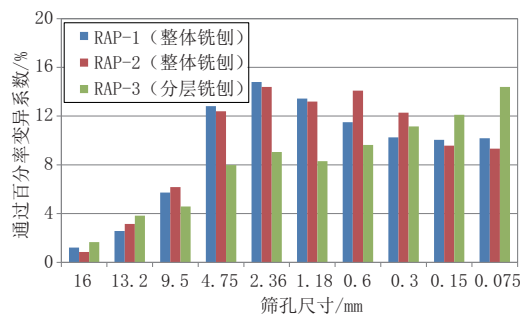


图 2 RAP 旧集料各筛孔通过百分率变异系数

2.2 回收铣刨速度对 RAP 组成的影响

在浙江省 04 省道余杭段,以不同铣刨速度对 RAP 进行铣刨回收,铣刨速度分别为 10 m/min、8 m/min、6 m/min、4 m/min。对不同铣刨速度回收的 RAP,分别进行取样。

不同铣刨速度回收的 RAP 级配组成曲线如图 3 所示。可以看出,铣刨速度为 10 m/min 时,RAP 中粗料含量较高,细料含量较少,其级配整体较粗;而随着铣刨速度的降低,RAP 中粗料含量减少,细料含量增加,其级配越来越细;铣刨速度由 10 m/min 降至 4 m/min 时,RAP 在关键筛孔(4.75 mm)的通过百分率由 20%增加至 42%,即 RAP 由粗型级配变为细型级配。

这是由于铣刨机中高速旋转铣刨刀的刀口向上,在铣刨前进的过程中刀口由下至上对路面进行切割,铣刨时的行进速度越快,面层被切削的频率越低,RAP 中沥青材料黏结成块状粗颗粒越多。较多的粗颗粒在一定程度上增加了 RAP 产生变异的可能。

另外,铣刨速度也直接影响工作效率,当铣刨

深度为 15 cm,铣刨速度为 4 m/min 时,铣刨机每小时的生产量约为 100 t;如果铣刨速度提高到 10 m/min,铣刨料生产量约为 300 t/h。综合考虑铣刨料级配组成和工作效益,铣刨速度的控制范围可在 6~8 m/min。

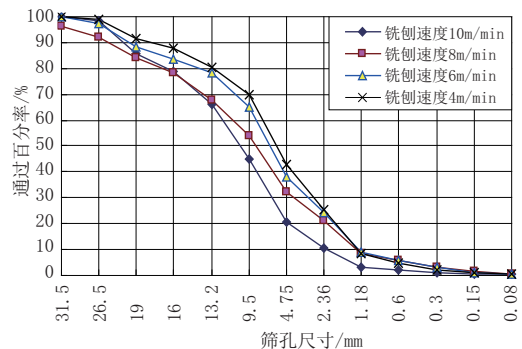


图 3 不同铣刨速度下的 RAP 级配变化

2.3 破碎处理对 RAP 组成的影响

采用鄂式轻型破碎机对 RAP-4 进行破碎处理,然后将分档为粒径范围 9.5~16 mm、4.75~9.5 mm、0~4.75 mm 三档。对破碎前后旧集料各筛孔通过百分率 10 次平行试验结果的平均值、标准差、变异系数进行计算,并将平均值、变异系数分别绘制于图 4、图 5。

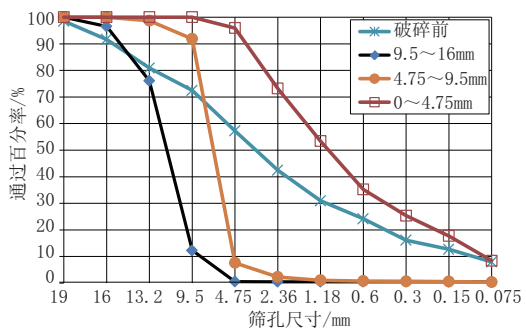


图 4 破碎前后 RAP 中旧集料各筛孔通过率平行试验均值

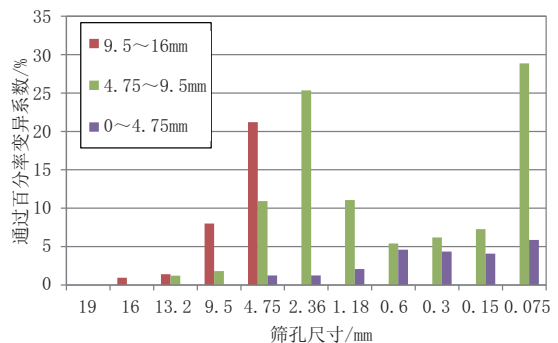


图 5 破碎、分档后 RAP 中旧集料各筛孔通过百分率变异系数

由图 4 可见,破碎及筛分后,三档 RAP 料的最大粒径分别为 16 mm、13.2 mm、4.75 mm,其中 16 mm 筛孔通过率小于破碎前 RAP。这表明原 RAP 中的粗集料颗粒发生破碎,破碎后 19 mm 及 19 mm 以上粒径的集料颗粒完全消失,16~19 mm

粒径的集料颗粒含量减小。破碎后的RAP可用以配制不同级配类型的再生混合料,有利于提高RAP的再生利用率。

由图5可见,破碎后9.5~16 mm档RAP在4.75 mm筛孔通过百分率、4.75~9.5 mm档RAP在2.36 mm及0.075 mm筛孔通过百分率的变异性较为显著。

3 结 语

(1)整体铣刨回收RAP的组成及性能存在较大变异性。对于整体铣刨回收RAP,旧沥青各性能指标中延度指标的变异性最大,其变异系数约为87%;旧集料各筛孔通过百分率中2.36 mm筛孔的通过百分率的变异性最大,其变异系数约为14.4%。

(2)与整体铣刨回收相比,分层铣刨回收显著降低了RAP组成及性能变异性。旧沥青的延度指

标变异系数降至61%,降幅约为30%;旧集料2.36 mm筛孔通过百分率变异系数降至9.1%,降幅约为37%。

(3)破碎后的RAP可用以配制不同级配类型的再生混合料,有利于提高RAP的再生利用率。

(4)随着铣刨速度的降低,RAP中粗料含量减小,细料含量增加,其级配越来越细。铣刨速度宜控制在6~8 m/min。

参考文献:

- [1] 刘立志.RAP材料厂拌热再生混合料质量控制研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [2] 毕文节.沥青混凝土路面大修中的铣刨技术[J].公路,2009(8):130-132.
- [3] 许慧.基于RAP材料变异性的厂拌再生过程质量管理研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [4] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [5] JTG E42—2005,公路工程集料试验规程[S].

(上接第137页)

泥用量,使混凝土的早期抗拉强度降低,导致混凝土的裂缝产生。

虽然混凝土的裂缝是不可避免的,但其有害程度却是可以控制的,随着人们对房屋建筑的质量要求不断提高,社会各方应更加重视对混凝土有害裂缝的控制。

参考文献:

- [1] 王铁梦.工程结构裂缝控制的综合方法[J].施工技术,2000(05):5-9.
- [2] 游宝坤,李光明,韩立林.21世纪高层建筑基础工程[M].北京:中

国建筑工业出版社,2000.

- [3] 赵志缙.高层建筑施工中的商品混凝土技术 高层建筑施工手册(第二版)[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [4] 高堃华.高层建筑基础工程大体积钢筋混凝土施工技术 高层建筑施工手册(第二版)[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [5] 王铁梦.工程结构裂缝控制[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [6] 秦惠民,叶政青.深基础施工实例[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [7] 施国璋.宝钢泵送砼配合比试验大型钢筋砼设备基础的裂缝控制超长矩形钢筋砼水池浇灌裂缝控制试验[A].宝钢施工科技成果选编(1979-1985)[C].上海:宝钢工程指挥部,1987.