

改善沥青混合料高温稳定性的方法

高璋生

(福建交通职业技术学院,福建 福州 350007)

摘 要 针对沥青路面面层沥青混合料,分析了集料、沥青类型、沥青用量、压实度等对沥青混合料高温稳定性的影响机理,通过试验数据、国内外研究资料表明影响结果,为沥青路面设计、施工提供参考。

关键词 集料;矿粉;沥青;压实度;车辙

0 引言

随着我国交通运输的快速发展、重载车辆和轮胎压力的增大以及高等级路面交通车辆的渠化,地球气温升高,沥青路面出现了抗车辙能力不足的现象,使用寿命大大缩短。因此,针对沥青混合料的车辙的研究已经成为我国道路研究者所关注的重要问题之一。沥青路面的车辙种类有:①结构性车辙。由于荷载作用超过路面各层的强度,沥青面层以下包括路基在内的各结构层产生永久变形。这种车辙的宽度较大,两侧没有隆起现象。②流动性车辙(失稳性车辙)。在高温条件下,车轮碾压的反复作用,荷载产生的剪应力超过沥青混合料的抗剪强度,使流动变形不断累积形成。这种车辙在荷载的中心位置产生下洼变形,材料从荷载下挤压向车辙两侧,并向上鼓起。③固结性车辙。开放交通后,轮迹带下的面层受到继续压实,产生压密形变形成车辙。这种车辙两侧没有隆起。我国高等级路面公路路面基层基本上是半刚性基层,强度高,一般不会产生结构性车辙,我国沥青路面车辙主要是流动性车辙和固结性车辙。

工程实践中抗车辙常用方法有:①调整沥青混合料级配;②调整矿粉组成;③采用改性沥青;④调整沥青用量;⑤控制压实度。本文将从试验、强度形成机理、施工角度进行分析,评价这些手段对改善沥青混合料高温稳定性的有效性。

1 沥青混合料的级配

1.1 集料公称最大粒径

公路沥青混合料级配中公称最大粒径筛孔通过百分率是一个波动范围(90%~100%),通过采用公称最大粒径筛孔不同通过百分率的沥青混合料车辙试验结果,分析其变化对

沥青混合料高温稳定性的影响。本试验采用重交通 SK AH-70 沥青;粗集料和细集料都是采用花岗岩;矿粉由石灰石磨成。试验级配采用 AC-20,见表1。表2为沥青混合料车辙试验结果。

表1 试验级配表

筛孔尺寸/mm	集料 A 通过率/%	集料 B 通过率/%	筛孔尺寸/mm	集料 A 通过率/%	集料 B 通过率/%
26.5	100	100	2.36	30	30
19.0	95	100	1.18	22	22
16.0	83	87	0.6	16	16
13.2	75	76	0.3	11	11
9.5	61	62	0.15	8.5	8.5
4.75	41	41	0.075	5	5

表2试验结果表明,最大公称粒径筛孔百分率的变动对高温稳定性能有一定的影响,最大公称粒径增多(约5%)的集料,其动稳定度略有提高,这是因为最大公称粒径增多,能提高集料颗粒间嵌挤力。采用这类选择粗型最大公称粒径的手段,对提高沥青混合料抗车辙能力有一定作用。

表2 沥青混合料车辙试验结果

混合料级配	试验温度/℃	试件空隙率/%	动稳定度/(次/mm)	沥青含量/%	马歇尔试件空隙率/%
集料 A	60	5.6	1667	4.2	4.8
集料 B	60	5.4	1324	4.4	4.7

1.2 集料级配

有研究认为,沥青混合料的高温稳定性,集料的因素占70%,而沥青的因素仅占30%。在集料因素方面,集料的级配有重大的影响,集料级配决定了矿料颗粒间嵌挤力的大小及混合料密实程度,采用较粗的级配类型在一定程度上可

以改善沥青混合料的高温稳定性。试验级配采用 AC-25, AC-20, AC-10 筛孔百分率的级配中值如表 3 所示。

表 3 试验级配表

筛孔尺寸 /mm	AC-25	AC-20	AC-13	筛孔尺寸 /mm	AC-25	AC-20	AC-13
31.5	100	-	-	2.36	28	30	37
26.5	95	100	-	1.18	21.5	22	26.5
19.0	80	95	-	0.6	15.5	16	19
16.0	71	83	100	0.3	11.5	11	13.5
13.2	63.5	75	95	0.15	8.5	8.5	10
9.5	53	61	76.5	0.075	5	5	6
4.75	38	41	53				

表 4 沥青混合料车辙试验结果

混合料级配	试验温度/℃	试件空隙率/%	动稳定度/(次/mm)	沥青含量/%	马歇尔试件空隙率/%
AC-25	60	5.7	1302	4.1	5.1
AC-20	60	5.6	1667	4.2	4.8
AC-13	60	5.2	1456	4.8	4.5

车辙试件的测试结果见表 4。这 3 种混合料在 60℃ 时的动稳定度存在一定的差异。其中, AC-20 的动稳定度最高, AC-25 的动稳定度最低, 这表明密级配沥青混合料的抗车辙能力, 中粒式最好, 细粒式次之, 粗粒式最差。

1.3 细集料

在工程实际中, 将 4.75 mm 筛孔以下集料称细集料, 主要有天然细集料(天然砂)和人工细集料两种。将集料的级配中 4.75mm 筛孔以下集料分别采用天然细集料和人工细集料, 分析其变化对沥青混合料高温稳定性的影响。表 5 为天然细集料和人工细集料试验级配。表 6 为沥青混合料车辙试验结果。

表 5 天然细集料和人工细集料试验级配表

筛孔尺寸 /mm	通过率/%	筛孔尺寸 /mm	通过率/%
26.5	100	2.36	30
19.0	95	1.18	22
16.0	83	0.6	16
13.2	75	0.3	11
9.5	61	0.15	8.5
4.75	41	0.075	5

表 6 沥青混合料车辙试验结果

混合料级配	试验温度/℃	试件空隙率/%	动稳定度/(次/mm)	沥青含量/%	马歇尔试件空隙率/%
用天然细集料混合料	60	5.6	1667	4.2	4.8
用 10% 人工细集料混合料	60	5.5	1573	4.2	4.7
用 20% 人工细集料混合料	60	5.4	1424	4.1	4.7
用 30% 人工细集料混合料	60	5.4	1054	4.1	4.6

试验结果表明: 天然细集料的沥青混合料抗高温车辙能力不如人工细集料的沥青混合料, 这是因为人工细集料的表面粗糙, 能提高集料颗粒间摩阻力。建议采用人工细集料的用量应占总量 20% 以下。

2 矿粉性质

沥青混合料的强度在很大程度上取决于矿粉的性质。水泥中的 CaO 含量远高于石灰岩, 因而水泥与沥青胶溶在一起形成沥青胶浆时, 沥青中的酸性成分和水泥中的碱性 CaO 发生反应, 在沥青与水泥的界面区形成较强的化学粘结力。由于水泥中氧化钙含量一般很高, 是一种活性高的碱性材料, 不但具备作为矿粉的条件, 而且水泥中的 CaO 与水消解后, 其 pH 值可达到 12, 而一般的石灰石矿粉的 pH 值只有 9 左右。当水泥中的碱性成分和沥青中的羧酸发生的反应, 形成的产物具有更强的吸附性能。同时, 由于水泥颗粒的不规则程序比较显著、表面开口空隙大等原因, 在沥青的水泥发生反应时, 使得分子量较小的油分(约 300~1 000)和沥青质(2 000~10 000)就会进入开口空隙和微裂纹中, 从而使沥青的凝胶结构特征开始更为显著, 此时沥青颗粒大量聚集, 稠度也有所增加, 这样就更进一步改善了沥青与矿料之间的相互作用, 提高了沥青混凝土的水稳性、高温稳定性和低温稳定性等性能。

在美国 DRS 试验中, 适当的水泥可以改善沥青胶浆的高温性质。采用常规软化点试验, 可以看出软化点的变化成抛物线状, 在水泥用量 20%~40% 时, 软化点最高, 也说明适当的水泥可以改善沥青胶浆的高温性质, 而过多的水泥则是不利的。同时有研究认为: 在矿料中加入一定比例的水泥, 可以增强沥青混合料的水稳性, 也改善了沥青混合料的力学性能。不同水泥用量时的软化点见表 7。

表 7 在不同水泥用量时软化点变化表

水泥用量/%	软化点/℃	水泥用量/%	软化点/℃
0	93	60	95
20	97	80	94
40	97	100	92

3 沥青类型

沥青类型应根据环境气候、交通条件等合理选用, 尤其是气温高、渠化交通的道路应选用较粘稠的符合重交通沥青技术要求的优质沥青和改性沥青。稠度较高的沥青, 软化点高, 温度稳定性好, 在高温下仍能保持足够的粘滞性, 使混合料具有一定的强度和劲度而不致出现过大的变形。就改性沥青(SK+SBS)与基质沥青(SK)的对比实验(实验的温度为 60℃)来看, 使用改性沥青的沥青混合料比使用基质沥青的动稳定度分别高出 2~3 倍, 因此沥青混合料的高温稳定性显著提高。但在我国南方部分地区, 高温季节的实际路面温度远不止 60℃。因此, 为了更好地反映路面使用过程中的实际温度情况, 将车辙实验温度提高到 70℃, 从实验结果

看,随着实验温度的升高,各沥青混合料的动稳定度明显降低,但70℃时改性沥青混合料的动稳定度仍为基质沥青混合料动稳定度的2~3倍,且高于规范规定的高温稳定性指标,这充分说明了改性沥青可以显著提高沥青混合料抗高温车辙能力。

4 沥青用量

有研究表明:最大的动稳定度出现在最佳油石比减少0.2%~0.4%这个区间内,并随着沥青用量的增减,动稳定度均呈下降趋势。沥青含量对沥青混合料的热稳性有明显的影响,当沥青用量过少时,集料表面沥青膜过薄,混合料呈干枯状而缺乏足够的粘结力,不能形成高的强度,沥青混合料也难以压实,使其抗车辙能力降低。当沥青用量增加,集料表面沥青膜增厚,自由沥青增多,自由沥青就如集料颗粒之间的润滑剂,使颗粒在荷载作用下易于滑动位移,使沥青混合料的稳定度降低,沥青用量过多往往是产生车辙的重要原因。在工程实践中,过小的油石比会造成渗水率的急剧上升而引起早期损坏。因此,过分降低油石比是不行的。

5 压实度控制

一般车辙主要来自沥青混合料的粘性流动,沥青混合料空隙率偏小(小于2%)时,在车轮碾压的反复作用下,沥青混合料没有足够空隙使其流动,造成沥青混合料整体流动,这会减少颗粒间的接触应力,使其抗车辙能力降低。沥青混合料空隙率偏大(大于8%的密级配沥青混合料),颗粒间的接触应力不足,有足够空隙使沥青混合料流动,且集料之间的嵌挤作用未充分形成,车轮碾压的反复作用,会产生压密变形形成车辙。沥青混合料的空隙率应有一个范围(2%~8%),且有最佳空隙率,它的抗车辙能力最强。Ford等人的研究表明,当沥青路面的空隙率过小时,在高温条件与行车荷载的综合作用下,沥青混合料容易产生剪切变形,沥青路面出现车辙的概率增加。在美国西部环道Westrack足尺试验中,当沥青路面空隙率较大时,由于模拟车辆的作用,沥青路面将产生较大的压密变形。美国学者认为,沥青混合料的空隙率为4%时,它的抗车辙能力最强。

本文建议:在沥青路面工程中,以沥青混合料的空隙率为4%为设计空隙率,压实度控制在96%~98%,实际空隙率可达到6%~8%,车辙试件应以沥青混合料的空隙率为8%为控制,如果该车辙试件满足设计要求,则其他都满足设计要求。

混合料级配、沥青用量不变情况下,增加压实度,可降低空隙率,增加颗粒间的接触应力,提高沥青混合料抗车

辙能力。随着碾压次数的逐渐减少,混合料难以压实,空隙率明显增大,动稳定度显著降低。是当碾压次数减少到12次时(标准碾压次数为24次),沥青混合料动稳定度分别只相当于碾压24次的30%左右,这说明压实对提高沥青混合料抗车辙能力是非常重要的,碾压次数变化对空隙率产生显著影响。在工程实践中,不能为了控制平整度而降低压实功率、遍数,否则会降低压实度,使沥青混合料抗车辙能力不足。

6 结论

对于重载交通、高温地区的沥青路面工程,沥青混合料应具备足够的抗高温车辙能力,可以考虑如下措施:

(1) 采用改性沥青方案是非常可靠的手段,尤其在高温情况下,可以基本消除严重的车辙。

(2) 调整沥青混合料的级配可以提高抗高温车辙的能力,对于重载交通、高温地区的路面工程,改善的幅度有限。

(3) 含天然细集料的沥青混合料抗高温车辙能力不如含人工细集料的沥青混合料,建议降低采用人工细集料的用量(总量20%以下)。

(4) 在矿料中加入一定比例的水泥(水泥用量20%~40%),可以改善沥青胶浆的高温性质,而过多的水泥则是不利的。同时适量水泥可以增强沥青混合料的水稳定性,改善了沥青混合料的力学性能。

(5) 在沥青混合料配合比设计指标方面,实际采用的油石比宜处于比最佳油石比低0.2%~0.4%的区域内,过小的油石比会造成渗水率的急剧上升,从而引起早期水损坏,过分降低油石比并不能改善其高温稳定性。

(6) 混合料的设计空隙率取4%时,具有较理想的抗车辙能力,沥青混合料压实不够,空隙率明显增大,动稳定度显著降低。因此,压实对提高沥青混合料抗车辙能力是非常重要的。

参考文献

- [1] 《公路沥青路面设计规范》(JTGD50-2006),北京;人民交通出版社,2006
- [2] 《公路工程沥青及沥青混合料实验规程》(JTJ052-2000),北京;人民交通出版社,2000
- [3] 朱梦良,赵静.材料参数对沥青混合料高温稳定性的影响.长沙理工大学学报(自然科学版),2007年3月
- [4] 彭勇登.水泥替代矿粉对沥青胶浆性能的影响.中外公路.2006年2月