

浇筑式沥青混凝土性能影响因素研究

王宏畅¹, 李国芬¹, 章登精²

(1. 南京林业大学, 南京 210037; 2. 南京第四大桥建设指挥部, 南京 210000)

[摘要] 浇筑式沥青混凝土具有较高的变形随从性而在钢桥面铺装上得到了很多的应用, 为研究浇筑式沥青混凝土的性能影响因素, 采用4种合成级配、3种沥青用量, 系统评价了各因素对浇筑式沥青混凝土性能的影响。通过流动度试验和贯入度试验确定最佳含油量, 由高温车辙试验和低温弯曲试验进行路用性能检验。研究表明, 级配形式和沥青含油量变化对混合料的性能指标的影响较大, 因此, 实际施工时应严格控制混合料的级配和沥青用量。

[关键字] 道路工程; 钢桥面铺装; 浇筑沥青混凝土; 流动度; 贯入度; 车辙

[中图分类号] TU528 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)08-0070-05

1 前言

浇筑式沥青混凝土是经高温拌和后具有一定流动性, 采用浇筑式方法摊铺, 不需要碾压, 冷却即成型, 几乎无空隙的一种沥青混凝土, 不透水, 耐冻融、耐油、抗老化, 变形随从性好, 抗低温开裂与抗疲劳开裂性能优良^[1]。由于浇筑式沥青混凝土这种特殊的性能, 其在国外被广泛应用于桥面铺装。我国也引进、吸收了浇筑沥青混凝土技术, 并在桥面铺装上进行较多的应用^[1-5], 如香港青马大桥、安庆长江大桥、胜利黄河大桥、江阴长江大桥、南京长江第四大桥等。浇筑式沥青混合料的影响因素较多, 已有文献就混合料中的粗细集料比例、粉胶比、结构厚度等方面对浇筑式沥青混合料高温稳定性的影响做过研究。本文从矿料级配、结合料含量等方面对浇筑式沥青混凝土的影响因素进行探索性的研究。

2 试验所用材料

2.1 沥青结合料

沥青结合料采用进口低标号石油沥青(20~40#)和湖沥青(产自特立尼达), 按70:30的比例混和而得, 技术指标见表1。

表1 沥青试验技术指标

Table 1 Asphalt test technical specifications

| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | | |
|----------|-------------------|--------|-----------|-----------|
| | | 20~40# | 湖沥青 | 混合后沥青 |
| 软化点 | ℃ | 55~60 | 93~98 | 58~68 |
| 针入度(25℃) | 0.1 mm | 20~40 | 1~4 | 15~30 |
| 延度(25℃) | cm | ≥50 | — | ≥10 |
| 溶解度 | % | ≥99 | — | — |
| 闪点 | ℃ | ≥260 | ≥240 | ≥240 |
| 密度(15℃) | g/cm ³ | ≥1.0 | 1.38~1.42 | 1.07~1.13 |
| 薄膜加热 | % | ≤0.3 | — | ≤0.5 |

2.2 集料

粗集料采用南京盘晶石料厂生产的玄武岩碎石, 碎石应均等同质, 清洁、坚硬且具有一定的耐久性, 同时细长扁平的石片、灰尘、泥沙、有机物等有害物质含量不得超过规定量以上。细集料, 指的是可以通过2.36 mm的筛孔, 而残留在75 μm筛子中的骨料。细骨料应清洁、坚硬且具有耐久性, 不含泥沙、灰尘等其他有害物质。为保证浇筑式沥青混合料的流动性, 日本浇筑式沥青混合料配比设计中需掺加部分天然砂, 根据要求选用了洞庭湖中粗砂。填料为南京俊宇矿粉厂生产的石灰岩矿粉, 填

[收稿日期] 2012-05-20

[基金项目] 住房和城乡建设部科技项目(2012-K4-21)

[作者简介] 王宏畅(1975—), 男, 安徽金寨县人, 副教授, 主要研究方向为路面结构分析和道路材料设计; E-mail: seuwhc@126.com

料具有充填沥青混合料的空隙,提高混合料稳定性以及耐久性的作用。

3 集料级配设计

对于浇筑式沥青混合料的级配设计,国内目前

还没有成熟的设计经验。因此,有必要参照德国、日本、英国等国的研究成果,经过系统地试验比较^[6-8],本研究选用日本级配^[9]。级配要求见表2。对两种集料分别设计了4种级配类型:细级配、中级配、粗级配、不连续级配。

表2 4种矿料的合成级配通过率明细表

Table 2 The pass rate of four mineral aggregate gradation

| 级配类型 | 通过下列筛孔(方孔筛,mm)的质量百分率/% | | | | | | | |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 16.0 | 13.2 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| 细级配 | 100 | 100 | 82.5 | 58.3 | 47.3 | 35.5 | 29.6 | 25.9 |
| 中级配 | 100 | 100 | 73.9 | 50.3 | 40.9 | 31.4 | 26.5 | 23.2 |
| 粗级配 | 100 | 100 | 69.2 | 46.3 | 38.4 | 30.5 | 26.3 | 23.2 |
| 不连续级配 | 100 | 100 | 71.1 | 47.3 | 40.2 | 33.1 | 29.2 | 25.8 |
| 上限/% | 100 | 100 | 85.0 | 62.0 | 50.0 | 42.0 | 34.0 | 27.0 |
| 下限/% | 100 | 95.0 | 65.0 | 45.0 | 35.0 | 28.0 | 25.0 | 20.0 |

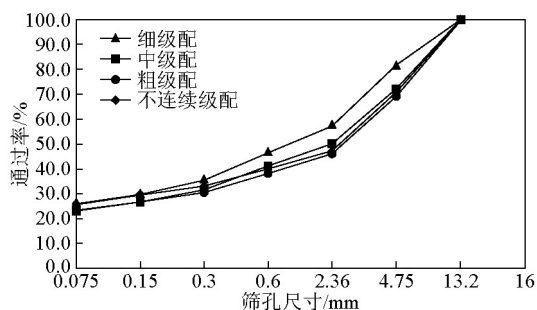


图1 浇筑式沥青混合料合成级配曲线图

Fig.1 Synthesis gradation curves of gussasphalt concrete

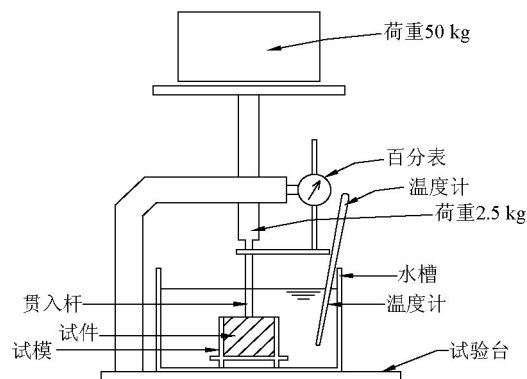


图2 贯入度试验仪

Fig.2 Penetration tester

4 贯入度试验

试验仪器主要有压力装置、量测装置、盛样装置以及温度控制装置,如图2所示。

试验采用 70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm 的立方体混合料在 40 °C、515 N 的重物作用下,在 30 min 内贯入混合料中的深度。试验数据如图3所示。

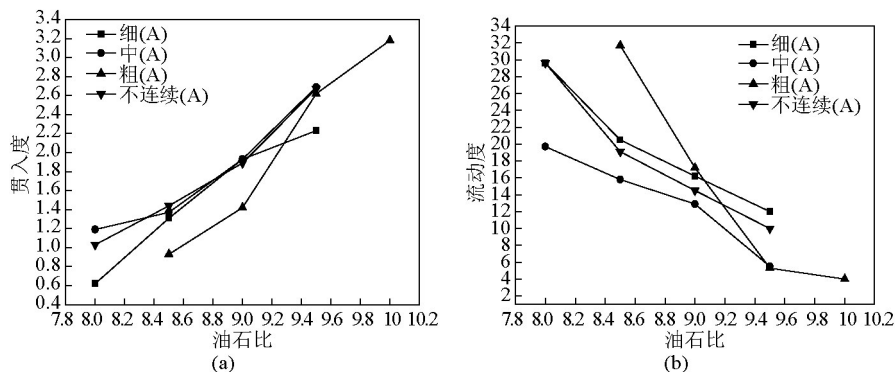


图3 沥青用量与贯入度、流动度关系

Fig.3 The relationship of asphalt content and fluidity, penetration

由试验结果可知,含油量对浇筑式沥青混合料贯入度的影响很大,无论何种级配,其值随含油量的增加而近似线性增大。

但级配类型对贯入度值的影响没有特别明显的规律,与集料的种类和含油量都有一定的关系。中级配对沥青含量的敏感性最低,粗级配对沥青含量的敏感性最高。沥青含量从8.0增加到10.0,中级配贯入度值变化1.5,粗级配贯入度值变化2.25,是中级配变化值的1.5倍,中级配有利于施工质量的控制。

5 流动度试验

本试验用于测定浇筑式沥青混合料的粘度,用铜锤沉入50 mm所需要的时间来表征混合料的流动性。由试验结果可知,含油量对浇筑式沥青混合料流动度的影响很大,无论何种级配,其值随含油量的增加而近似线性增大。

但级配对流动度值的影响没有特别明显的规律。中级配对沥青含量的敏感性最低,粗级配对沥青含量的敏感性最高。沥青含量从8.0增加到10.0,中级配流动度值变化14.2,粗级配流动度值变化27.7,是中级配变化值的1.95倍。中级配有利于施工质量的控制。

浇筑式沥青混合料配比设计以流动性240℃下18 s,贯入度1.5 mm为目标值。因此对不同级配进行试验可得出细级配确定的最佳沥青用量为8.7%,中级配确定最佳沥青用量为8.3%,粗级配确定最佳沥青用量为8.9%,不连续级配确定最佳沥青用量为8.7%。

6 车辙试验动稳定度

从表3结果可知,在不同级配下,沥青含量对动稳定度的影响很大,沥青用量的变化对动稳定度的影响都是一个趋势,沥青用量越高,动稳定度越小。不同级配对动稳定度的影响比较大,总体上说,粗级配的动稳定度较大,细级配的动稳定度较小,中级配和不连续级配的动稳定度居中。

以中级配为例,降低含油量可以大幅提高浇筑的动稳定度,而且越是在接近8.0的含油量时动稳定度提高的越是明显。因为8.0是理论上的没有自由沥青的时候,越是接近8.0,原来悬浮密实型结构渐渐转变为骨架密实型,从而由集料的骨架结构提供较高的动稳定度。动稳定度与油石比近似成线

表3 车辙试验动稳定度

Table 3 Dynamic stability of rutting test

| 级配 | 沥青用量/% | 动稳定度/(次·mm ⁻¹) | |
|-------|--------|----------------------------|------|
| | | 平均值 | 技术要求 |
| 细级配 | 8.4 | 377 | |
| | 8.7 | 265 | |
| | 9.0 | 211 | |
| 中级配 | 8.0 | 728 | |
| | 8.3 | 485 | |
| | 8.6 | 359 | ≥350 |
| | 8.6 | 724 | |
| 粗级配 | 8.9 | 393 | |
| | 9.2 | 295 | |
| | 8.4 | 1 261 | |
| 不连续级配 | 8.7 | 338 | |
| | 9.0 | 299 | |

性关系,油石比提高0.1,动稳定度降低约8%。

为提高浇筑式沥青混凝土的高温稳定性,在已铺筑成的浇筑沥青混凝土上撒布一定数量的预裹沥青碎石,预裹沥青碎石采用10-15的集料用2‰的沥青用量进行拌和。本次试验在浇筑式沥青混凝土上撒布的11 kg/m²碎石,按两种方式撒布,一种是在成型好的浇筑式沥青混凝土车辙板表面上撒布碎石,一种是将碎石洒在浇筑式混凝土内。

表4、表5得出碎石的撒入可以较明显提高动稳定度,再分析两种不同的成型方法,首先碎石的压入并没能改变混合料的结构类型,只是在不同的位置形成的一层粗集料层。当进行车辙时,碎石受到正上方来的压力会向较软的浇筑混合料中嵌挤,由于浇筑式混合料在高温时具有流体性质,碎石向下的嵌挤会使包裹它的浇筑混合料以多个方向的反作用力,即实质上只是把宽度为5 cm的车辙试验机胶轮的作用宽度扩大,从而提高了动稳定度。另外车辙试验是取45 min和60 min的不可逆形变来计算得出结果,表4、表5的变形量不同是因为碎石层下的浇筑式混合料的厚度不同,碎石洒在浇筑式混凝土内的车辙试件在45 min前碎石上层的混合料已经被胶轮推挤开来,即最后用于车辙计算结果的是碎石下方的浇筑层。碎石的撒入可以较明显提高动稳定度。以撒布11 kg/m²为例,可提高动稳定度近30%,两种撒布碎石的方式对动稳定度的影响不大。

表4 在成型好的车辙板上撒布碎石

| 编号 | 45 min | 60 min | 车辙 | 平均 |
|----|--------|--------|-----|-----|
| 1 | 9.119 | 10.182 | 592 | |
| 2 | 10.125 | 11.156 | 610 | 613 |
| 3 | 10.414 | 11.401 | 637 | |

表5 碎石洒在浇筑式混凝土内

| 编号 | 45 min | 60 min | 车辙 | 平均 |
|----|--------|--------|-----|-----|
| 1 | 6.480 | 7.458 | 644 | |
| 2 | 5.346 | 6.441 | 575 | 627 |
| 3 | 6.305 | 7.258 | 661 | |

7 低温抗裂性

试验条件参见《铺装调查·试验法便览》B005: 温度-10℃, 速率50 mm/min。对粗、中、细及不连续级配的浇筑式沥青混合料在最佳沥青用量及±0.5%条件下进行低温弯曲试验, 试验结果见表6。

表6 低温弯曲试验结果

| 级配类型 | 沥青用量/% | 弯曲应力/MPa | 弯曲应变 |
|-------|--------|----------|------------------------|
| 粗级配 | 8.6 | 9.29 | 6.68×10 ⁻³ |
| | 8.9 | 8.63 | 6.36×10 ⁻³ |
| | 9.2 | 8.90 | 6.97×10 ⁻³ |
| 中级配 | 8.0 | 10.92 | 6.83×10 ⁻³ |
| | 8.3 | 9.33 | 8.73×10 ⁻³ |
| | 8.6 | 10.26 | 9.16×10 ⁻³ |
| 细级配 | 8.4 | 9.81 | 8.82×10 ⁻³ |
| | 8.7 | 10.68 | 9.20×10 ⁻³ |
| | 9.0 | 10.26 | 13.67×10 ⁻³ |
| 不连续级配 | 8.4 | 10.13 | 8.71×10 ⁻³ |
| | 8.7 | 9.78 | 8.99×10 ⁻³ |
| | 9.0 | 9.72 | 8.01×10 ⁻³ |

由表6可知, 随着沥青含量的增加, 混合料的抗弯拉强度总体有下降的趋势。而沥青混合料的最大弯拉应变随着沥青含量的增加稳定增大, 随着级配由细变粗, 其混合料的最大弯拉应变随沥青含量增大的趋势越来越不明显, 到粗级配和不连续级配时已经非常相近。其主要原因是, 在粗级配和不连续级配中粗集料的含量均较高, 沥青胶泥同粗集料

难以形成一个稳定的整体, 所以其混合料低温抵抗变形能力较弱。

8 结语

矿料级配、结合料的含量、压入碎石等因素对浇筑式沥青混凝土的各个性能均有不同程度的影响, 含油量对浇筑式沥青混合料的性能影响很大, 无论何种级配, 贯入度、流动度值随含油量的增加而近似线性增大, 动稳定度随之减小。级配类型的影响很大, 中级配对沥青含量的敏感性最低, 粗级配对沥青含量的敏感性最高。沥青含量从8.0增加到10.0, 中级配贯入度值变化1.5, 粗级配贯入度值变化2.25, 是中级配变化值的1.5倍; 中级配流动度值变化14.2, 粗级配流动度值变化27.7, 是中级配变化值的1.95倍。因此中级配有利于施工质量的控制。不同级配对动稳定度的影响也比较大, 总体上说, 粗级配的动稳定度较大, 细级配的动稳定度较小, 中级配和不连续级配的动稳定度居中。

试验证明在已铺筑成的浇筑沥青混凝土上撒布一定数量的预裹沥青碎石, 可提高浇筑式沥青混凝土的高温稳定性。

随着沥青含量的增加, 混合料的抗弯拉强度总体有下降的趋势, 而沥青混合料的最大弯拉应变随着沥青含量的增加稳定增大, 随着级配由细变粗, 其混合料的最大弯拉应变随沥青含量增大的趋势越来越不明显, 到粗级配和不连续级配时已经非常相近。

参考文献

- [1] 张锐, 黄晓明, 赵永利. 浇筑式沥青混凝土级配设计[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2007, 37(4): 661-665.
- [2] 李洪涛, 钟建驰. 江阴大桥浇筑式沥青混凝土桥面铺装[J]. 东南大学学报, 2001, 31(3A): 69-72.
- [3] 邓学钧. 中国江阴长江大桥桥面沥青铺装层高温稳定性[J]. 交通运输工程学报, 2002, 2(2): 1-7.
- [4] 潘承纬. Guss 沥青混凝土成效特性之研究[D]. 中国台湾: 台湾中央大学土木系, 2002.
- [5] Chen Xianhua, Huang Wei, Wang Jianwei. Permanent deformation and deformation compliance of guss asphalt for orthotropic steel deck plate surfacing [J]. Journal of Southeast University (English Edition), 2004, 20(3): 360-363.
- [6] Yang Jun, Gharabaghy Cyrus, Steinauer Bernhard. Study on high temperature behaviour of Guss asphalt [J]. Journal of Southeast University (English Edition), 2002, 18(4): 297-301.
- [7] 沈金安. 特立尼达湖沥青及其应用前景[J]. 国外公路, 2000, 20(2): 28-31.
- [8] 沈金安. 特立尼达湖改性沥青的性能[J]. 国外公路, 2000, 20(3): 30-32.
- [9] 多田宏行. 桥面铺装的设计与施工[M]. 日本: 鹿岛出版社, 1993.

Study on factor of guss asphalt mixture performance

Wang Hongchang¹, Li Guofen¹, Zhang Dengjing²

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2. The Fourth Bridge Construction Headquarters in Nanjing, Nanjing 210000, China)

[Abstract] Gussasphalt concrete has been widely used in steel bridge deck pavement because of its high deformation. In this paper, Factors impacted on Gussasphalt mixture performance are systematic studied by four type gradation, three asphalt content. The best asphalt content was determined by fluidity tests and penetration tests. The road performance was verified by high temperature rutting test and low temperature bending test. The study shows that gradation and asphalt content have a great influence on the performance of mixture. Therefore, the gradation and asphalt content should be strictly controlled in the actual construction.

[Key words] road engineering; steel deck pavement; guss asphalt concrete; fluidity; penetration; rutting