

# 细集料对浇注式沥青混合料性能的试验评价

张 健

江苏中路工程技术研究有限公司 江苏 南京 211189

**摘 要:** 浇注式沥青混合料悬浮密实的结构类型, 决定了混合料高温稳定性的不足。为满足浇注式沥青混合料施工和易性、高温稳定性、弯曲应变性能等各项指标的相互平衡, 试验按照天然砂: 机制砂质量比1:1、1:2、2:1拌制浇注式沥青混合料, 评价机制砂掺量的变化对浇注式沥青混合料流动度、贯入度、动稳定度、低温弯曲应变的影响, 阐述天然砂、机制砂在浇注式沥青混合料路用性能方面的作用和设计使用注意重点。

**关键词:** 天然砂; 机制砂; 浇注式沥青混合料; 施工和易性; 高温稳定性; 弯曲应变

浇注式沥青混合料“悬浮-密实”的结构类型, 决定了混合料高温性能的不足。国内外学者从粗、细骨料比例设计控制、使用沥青的改性增强, 沥青胶浆强度改善等方面做了系列研究。研究表明, 在提升浇注式沥青混合料高温稳定性的同时, 然而会对混合料施工和易性和弯曲应变能力产生负面效应。本文借鉴水泥混凝土配合比设计中“砂率”指标, 以及早期为提高沥青路面压实质量, 可采用不超过50%天然砂的限制规定。试验选用公路沥青路面工程常用的天然砂、机制砂两种建筑材料, 按照不同质量比组成细集料, 对浇注式沥青混合料路用性能进行评价。

## 1 浇注式沥青混合料

浇注式沥青混合料 (Guss Asphalt) 由20~25%粗集料, 40~50%细集料、25~30%矿粉、8~10%硬质沥青或复合改性沥青, 在220~240℃高温拌和形成的流淌性沥青混合料。浇注式沥青混合料生产首先通过沥青混合楼对矿料、沥青短期混合预拌 (190~200℃)、然后卸入浇注式沥青混合料专用Cooker车, 通过1~3.5h高温搅拌、剪切; 最终熬制形成的一种具有良好施工和易性的铺装材料<sup>[1]</sup>。浇注式沥青混合料低孔隙率、耐老化、防水耐久的特性, 通常是桥面铺装项目、建筑工程等优异的建筑防水材料。

表1 浇注式沥青混合料设计参数

技术指标	技术要求	试验方法
流动性 (240℃) /s	≤ 20	参铺装试验法便览 (日)
贯入度 (40℃, 52.5kgf/5cm <sup>2</sup> , 30min) /mm	1~4	参铺装试验法便览 (日)
动稳定度 (60℃, 0.603MPa) /次/mm	≥ 350	T0719
极限应变 (-10℃, 50mm/min)	≥ 8.0×10 <sup>-3</sup>	参铺装试验法便览 (日)

## 2 浇注式沥青混合料设计方法

浇注式沥青混合料配合比设计, 以2.36mm为关键筛孔合成粗、中、细三个级配; 根据矿料间隙率试验确定的初始沥青含量P<sub>b</sub>, 并进行初始沥青含量P<sub>b</sub>, P<sub>b</sub>±0.3%, P<sub>b</sub>±0.6%浇注式沥青混合料240℃流动度、40℃贯入度试验。以满足240℃流动度18s、贯入度1.2mm目标设计值的沥青含量中值

作为初选沥青含量OAC, 并进沥青含量OAC、OAC±0.3%浇注式沥青混合料60℃动稳定度、-10℃低温弯曲应变试验, 最终确定浇注式沥青混合料设计级配及沥青含量。

### 2.1 级配及材料选择

#### 2.1.1 矿料间隙率试验

通过矿料间隙率试验方法评价浇注式沥青混合料骨料孔隙被沥青填充饱和, 混合料具有一定的流动性应有的最小沥青用量, 也是设计浇注式沥青混合料沥青用量的下限值。理想的浇注式配比骨料间隙率应在18%以下, 同样也是衡量影响浇注式沥青混合料高温稳定性的参考指标。

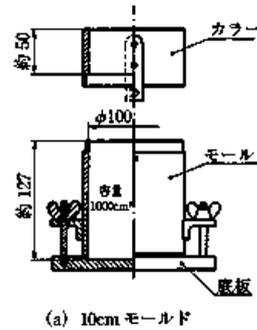


图1 试模及顶模



图2 直径100, 重1.5kg压头

#### 2.1.2 矿粉流动性试验

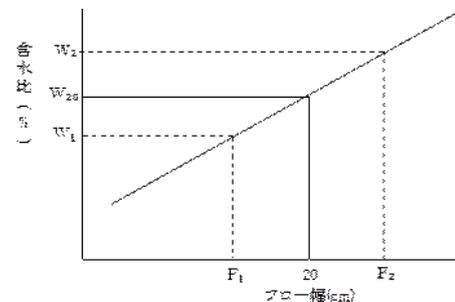


图3 流动宽度与含水率的关系

浇注式沥青混合料流动性受矿粉特性的敏感性高, 通过矿粉流动度曲线斜率和流动值等指标, 评价矿粉作为浇注式沥青混合料的适用性。通过矿粉流动度试验得出胶泥的流动度宽度 (cm) 与含水比率 (%) 的关系图中得到直线的斜率 (%/cm), 流动曲线斜率在1.0%以上, 矿粉胶泥流动

宽度20cm对应的含水比率应在35%以下。考虑到施工性方面, 矿粉对含水率变化敏感性较大者不宜采用, 这样的矿粉会产生较大的流动性变化。相反, 变动性小的矿粉与沥青粘附性大, 最适合浇注式沥青混合料。

## 2.2 施工和易性试验方法

### 2.2.1 刘埃尔流动性

刘埃尔流动性用于测定浇注式沥青混合料施工和易性, 指一定规格尺寸  $\phi 58\text{cm}$ 、质量995g的铜锤, 自由下沉至浇注式沥青混合料内部50mm所需要的时间。浇注式沥青混合料240°C流动度值确定, 可根据拟合“温度-流动度”曲线解析式求得240°C流动度值。流动度值大, 说明浇注式沥青混合料施工和易性差, 不利于摊铺; 但考虑摊铺厚度控制, 浇注式沥青混合料240°C流动度下限值要求大于4s。

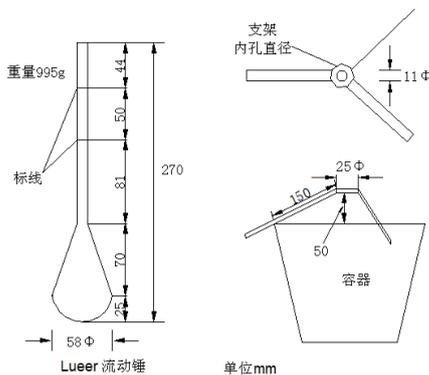


图4 刘埃尔流动仪

### 2.2.2 贯入度

贯入度属于一种单轴静态蠕变试验, 尺寸70.7mm $\pm$ 1mm立方体试样, 在40°C水浴温度保温至少1h以上。试验时将成型面朝下, 底面朝上, 预压1min后加载总荷载52.5 $\pm$ 1kgf配重。记录30min时单轴贯入浇注式沥青混合料的深度即为贯入度 $G_{30\text{min}}$ 。贯入度试验可间接评价浇注式沥青混合料硬度及高温稳定性, 以贯入度 $G_{30\text{min}}$ 与贯入度 $G_{60\text{min}}$ 的差值作为贯入度增量指标, 设计要求的贯入度增量 $\Delta G_{60\text{min}-30\text{min}} \leq 0.4\text{mm}$ 。

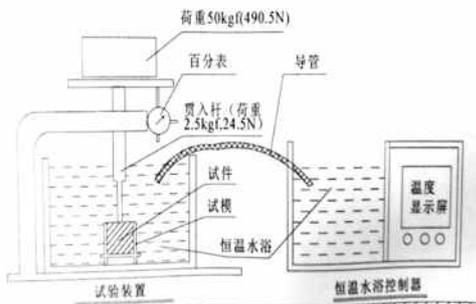


图5 贯入度仪

## 2.3 性能评价试验

### 2.3.1 动稳定度

轮辙试验是评价浇注式沥青混合料高温变形能力最直接、简单的方法。试验通过成型300mm\*300mm\*50mm浇

注式沥青混合料试验板, 在60°C试验温度下保温5h以上, 加载0.707MPa竖向压力, 按42次/min行走速率作用60min, 以45min、60min变量量计算产生1mm变形的作用次数, 作为沥青混合料高温稳定性的评价指标<sup>[2]</sup>。

$$DS = 42 \times \frac{t_2 - t_1}{d_2 - d_1} \times C_1 \times C_2$$

其中:  $DS$ —沥青混合料动稳定度(次/mm);  $d_1$ 、 $d_2$ 分别为对应时间 $t_1$ 、 $t_2$ 的变形量(mm);  $C_1$ —试验机类型系数, 1.0;  $C_2$ —试件系数, 1.0。测试的单位变形量作用次数越高, 说明沥青混合料高温车辙性能越优。

### 2.3.2 低温弯曲应变

低温弯曲应变试验测定沥青混合料在弯曲破坏时的强度和应变, 对弯曲破坏的力学性质及对脆化点的评价。参照T0703沥青混合料试件制作方法(轮碾法), 将浇注式沥青混合料直接装入车辙模具成型300 $\times$ 300 $\times$ 50mm试件即可。用切割法制作棱柱体试件, 试件尺寸符合300 $\times$ 100 $\times$ 50mm标准。试件放置两支点距离200mm荷载装置, 成型上表面朝上。对试件中间位置加载集中荷载, 加载速率为50mm/min; 自动记录试验过程中荷载—变形量曲线图; 计算弯曲强度 $\sigma$ (Pa)、最大弯拉应变 $\epsilon$ (mm/mm)。

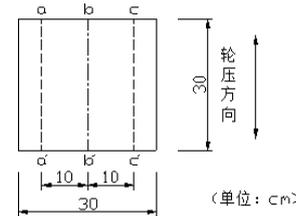


图6 切割尺寸示意图

## 3 细集料对浇注式沥青混合料性能变化评价

天然砂颗粒圆润, 有助于提高浇注式沥青混合料施工和易性, 但对沥青混合料的高温稳定性有所降低; 机制砂级配稳定, 棱角分明, 内摩擦角大, 有助于提高浇注式沥青混合料高温稳定性, 但对施工和易性却有一定的负作用<sup>[3]</sup>。

### 3.1 细集料棱角性测试

参照《公路工程集料试验规程》, T034细集料棱角性试验方法, 按照天然砂与机制砂质量比1: 1、1: 2、2: 1的关系, 测定细集料对浇注式沥青混合料的内摩擦角和抗流动变形性能。

表2 细集料棱角性试验(流动时间)

类型	棱角性 s
天然砂	30.5
天然砂: 机制砂 = 2: 1	31.1
天然砂: 机制砂 = 1: 1	32.4
天然砂: 机制砂 = 1: 2	34.5
机制砂	42.2

机制砂的棱角性明显优于天然砂; 机制砂和天然砂混合后的细集料随着机制砂用量的逐渐增加, 细集料的流动时间

逐渐变长, 棱角性变好。在细集料中提高机制砂用量有利于提高石料表面的摩擦性, 从而提高混合料的高温性能。

### 3.2 浇注式沥青混合料性能试验

试验用浇注式沥青混合料拌制, 采用天然砂、骨料

3~5mm、5~10mm, 填料以及复合改性沥青(20~40#直溜沥青: TLA = 70:30)<sup>[4]</sup>, 在7~10%沥青含量范围内按0.3%变化, 对浇注式沥青混合料配合比设计。

表3 浇注式沥青混合料GA-10设计级配

骨料	5-10mm	3-5mm	天然砂	矿粉	各种骨料的筛分混合比(%)				合成级配	级配范围	
	碎石	碎石									
配合比(%)	29	21	25	25							
通过质量百分率(%)	13.2	100	100	100	100	29	21	25	25	100	100~95
	4.75	11.4	97.4	100	100	3.3	20.5	25	25	73.8	85~65
	2.36	0.2	5.8	93.2	100	0.1	1.2	23.3	25	49.6	62~45
	0.6	0.2	0.2	39.7	100	0.1	0	9.9	25	35	50~35
	0.3	0.2	0.2	17.6	100	0.1	0	4.4	25	29.5	42~28
	0.15	0.2	0.2	9.6	97	0.1	0	2.4	24.3	26.8	34~25
	0.075	0.2	0.2	5.2	93	0.1	0	1.3	23.3	24.7	27~20

通过浇注式沥青混合料配合比设计, 确定的混合料最佳沥青含量8.3%。浇注式沥青混合料设计性能参数, 240℃流动度8s、40℃贯入度1.21mm、动稳定度470次/mm、-10℃低温弯曲应变 $13.2 \times 10^{-3}$ 。

#### 3.2.1 流动性和贯入度试验

基于上述试验用浇注式沥青混合料配合比设计结论, 以细集料用量掺配比例和25%分别拌制浇注式沥青混合料, 测定其施工和易性和贯入度指标变化。

表4 流动度、贯入度试验

类型 试验项目	天然砂	天然砂: 机制砂 = 2: 1	天然砂: 机制砂 = 1: 1	天然砂: 机制砂 = 1: 2	机制砂
	240℃流动度(s)	8	10.9	18.6	38.5
40℃贯入度(mm)	1.21	1.16	1.04	0.85	0.81

随着机制砂用量的增加, 浇注式沥青混合料流动度值增加, 说明混合料施工和易性能力降低; 并且浇注式沥青混合料硬度增加, 贯入度逐步减小, 当天然砂: 机制砂质量比为1:1时, 浇注式沥青混合料贯入度基本达到1.0mm。根据浇注式沥青混合料流动度、贯入度变化影响, 机制砂对流动性影响高于天然砂的作用, 对贯入度影响两者基本相当。

#### 3.2.2 高温稳定性

在0.63MPa试验轮载作用下, 对不同规格比例组成细集料的浇注式沥青混合料进行60℃轮辙试验, 评价天然砂、机制砂变化对浇注式沥青混合料高温性能的影响变化车辙试验以检验沥青混合料的高温稳定性。随着机制砂用量的增加, 浇注式沥青混合料高温稳定性得到改善。与上述机制砂用量增加, 浇注式沥青混合料流动性降低, 贯入度值减小相对应。机制砂含有0.075mm填料以及具有较天然砂良好的棱角性, 增强与沥青的粘附性以及沥青胶浆的强度, 对浇注式沥青混合料动稳定度起到关键作用。

#### 3.2.3 低温弯曲性能

参照《铺装调查 试验法便览》B005: 试验温度-10℃, 速率50mm/min, 试件尺寸300×100×50mm, 对浇注式沥青混合料进行低温弯曲试验, 评价细集料变化对浇注式沥青混合料弯曲变形能力的影响。

随着机制砂用量的增加, 浇注式沥青混合料抵抗变形性能逐步降低, 并且浇注式沥青混合料劲度模量提高。说明机制砂在浇注式沥青混合料的使用, 容易提高混合料的硬度和贯入度值, 却对施工和易性以及弯曲变形能力有所降低。

天然砂颗粒圆润, 有助于提高浇注式沥青混合料施工和易性以及弯曲应变能力, 但对浇注式沥青混合料高温稳定性有负面影响; 机制砂具有级配相对稳定, 棱角性优的特点, 能够提升浇注式沥青混合料高温稳定性, 然而使用量过多却能降低混合料的施工和易性和弯曲变形能力。浇注式沥青混合料悬浮密实的结构, 决定了混合料综合性能水平。在浇注式沥青混合料配合比设计关于路用性能的同时, 可通过掺配不同规格比例的细集料组成进一步优化设计, 以致达到浇注式沥青混合料各项性能的平衡。

#### 参考文献:

- [1] 铺装调查·试验法便览. 日本道路协会, 2007.
- [2] 宗海, 戚兆臣, 章登精. 日本浇注式沥青混凝土钢桥面铺装概览[J]. 中国高新技术企业, 2010, (33): 163-166.
- [3] 王民, 肖丽, 胡德勇, 张毅. 浇注式沥青混合料流变性研究[J]. 建筑材料学报, 2017, 20(04): 630-634.
- [4] 张健, 潘友强. 国产30#直溜沥青在浇注式沥青混凝土中的应用[J]. 现代交通技术, 2013, 10(06): 1-4+22.

作者简介: 张健, 男, 1982年8月, 江苏扬州, 江苏中路工程技术研究院有限公司, 工程师, 技术主管, 本科, 研究方向: 钢桥面铺装及养护技术研究、道路工程材料评价与研究。