

浇注式沥青混合料高温敏感性评价

张 健

江苏中路工程技术研究院有限公司 江苏南京 211189

摘 要: 浇注式沥青混合料“悬浮—密实”的结构类型, 决定了其高温性能的不足。本文结合沥青混合料强度理论, 从浇注式沥青混合料沥青胶结料选择、拌合时间控制、工作温度变化、轮压大小影响、结构层厚度控制、等方面验证不同参数变化对浇注式沥青混合料高温敏感型研究, 并以此阐述浇注式沥青混凝土在配合比设计、施工、营运使用阶段的注意事项。

关键词: 浇注式沥青; 悬浮—密实; 高温稳定性; 敏感性; 施工和易性

引言:

上世纪90年代江阴长江大桥钢桥面铺装, 首次引进英国单层浇注式沥青MA (Mastic asphalt) 铺装技术方案^[1]。浇注式沥青铺装MA作为磨耗层, 直接与车辆荷载接触, 经过高温重载和渠化交通的耦合作用, 铺装表面短期内即出现了车辙、推移、疲劳裂缝等永久性病害。

为解决大跨径悬索桥刚度大, 要求桥面系具备与钢桥面板协同变形的工作能力, 相继建成通车的南京长江第四大桥、泰州长江公路大桥、港珠澳大桥钢箱梁桥面铺装, 设计采用复合浇注式铺装的结构方案。将GA (Guss asphalt) /GMA作为铺装下层, 充当防水粘结层和应力分散层的作用; 铺装上层采用改性密级配沥青混凝土SMA/AC、大孔隙率透排水OGFC以及能环氧沥青混凝土EA, 避免浇注式沥青混凝土与轮载直接作用产生永久性变形。

随着浇注式沥青铺装技术在大跨径钢箱梁桥面铺装的推广应用, 如何提升浇注式沥青高温稳定性一直是工程建设研究的焦点。本文基于既有的浇注式沥青高温稳定性研究成果, 对浇注式混合料高温敏感性进行研究, 从浇注式沥青混合料组成设计, 铺装层使用保养措施等方面提出合理建议, 其宗旨对进一步延长浇注式沥青铺装使用寿命起到积极作用。

1 浇注式沥青混凝土

浇注式沥青混凝土由40~50%粗集料 (> 2.36mm)、30~40%细集料 (≤ 2.36mm)、20~30%填料, 7~10%沥青胶结料, 在高温220~260℃, 经过1~3.5h搅拌剪切形成一定流淌性的沥青混合料。

浇注式沥青混合料具有良好的施工和易性; 混合料

几乎零孔隙率的特性, 不透水也不吸水, 不会出现水损害现象; 良好的协同变形性能, 与钢板间的粘结性优于一般的沥青混合料; 富沥青的材料设计决定了浇注式沥青混合料具有良好的低温抗裂性和较高的抗疲劳耐久性。

2 浇注式沥青混凝土高温强度理论

参考沥青混合料强度理论, 即“摩尔—库伦”理论 $\tau_f = c + \sigma \tan \phi$, 粘聚力 c 、嵌挤力 σ 、内摩擦角 ϕ 是决定浇注式沥青混合料强度的关键指标。浇注式沥青混凝土属于一种“悬浮—密实”结构, 粗骨料作为分散相悬浮在沥青胶浆中, 相互之间不能嵌挤形成骨架结构, 浇注式沥青混合料最终强度取决于沥青与矿料作用的粘聚力 c 。

3 浇注式沥青混合料设计

参照日本《铺装调查·试验方法便览》^[4], 浇注式沥青混合料GA10设计指标, 试验采用2#碎石 (4.75~9.5mm): 3#碎石 (2.36~4.75mm): 天然砂: 石灰岩矿粉 = 23: 30: 15: 32合成浇注式沥青GA10矿料级配 (见图1), 沥青胶结料采用30#硬质沥青: 湖沥青 (TLA) = 70: 30混合沥青, 沥青用量 $P_b = 8.3\%$, 设计浇注式沥青混合料性能。

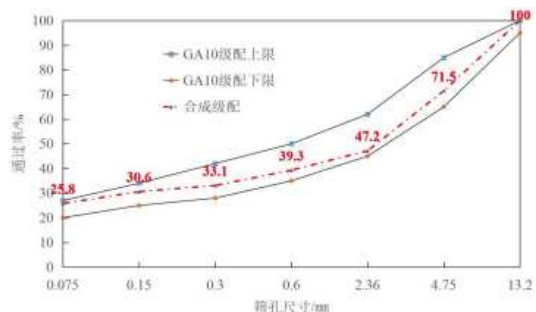


图1 浇注式沥青级配合成曲线图

浇注式沥青混合料设计方法, 通过混合料240℃刘埃流动度18s, 40℃贯入度1.2mm的设计目标值, 确定混合料沥青用量目标值, 并根据沥青用量目标值及 $\pm 0.3\%$ 沥青用量, 拌制浇注式沥青混合料开展高温稳定性、低温极限应变试验, 验证施工质量波动对浇注式混合料性能影

通讯作者简介: 张健, 男, 1982年8月, 籍贯: 江苏扬州, 工作单位: 江苏中路工程技术研究院有限公司, 职称: 工程师, 职务: 技术主管, 学历: 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, 邮箱: 570321006@qq.com。

响的波动，最终确定浇注式沥青混合料施工配合比。

表1 浇注式沥青混合料性能设计

试验项目	技术指标	技术要求	设计结果
刘埃尔流动度	流动性 (240℃) /秒	≤20	18
贯入度	贯入度 (40℃, 52.5kgf/5cm ² , 30 分钟) /mm	1~4	1.06
车辙试验	动稳定度 (60℃, 0.63MPa) / 次/mm	≥350	464
弯曲试验	极限应变 (-10℃, 50 mm/min)	≥8.0×10 ⁻³	9.4×10 ⁻³

4 不同维度的浇注式沥青混合料高温稳定性试验评价

4.1 TLA 掺量变化影响

适当提高浇注式沥青混合料TLA 比例用量，有助于提高混合料的高温稳定性^[3]。对比不同掺量TLA对混合后沥青指标的变化影响，分别进行TLA 掺量25%、30%、35%、40%、45%、50%混合沥青针入度、软化点指标试验，试验结果见表2和图2所示。

表2 TLA 不同掺量混合沥青指标试验

试验项目	30#硬质沥青: TLA					
	75/25	70/30	65/35	60/40	55/45	50/50
针入度/0.1mm	22.0	20.6	22.7	18.7	15.8	15.4
软化点/℃	63.2	63.8	65.4	66.5	67.7	68.7

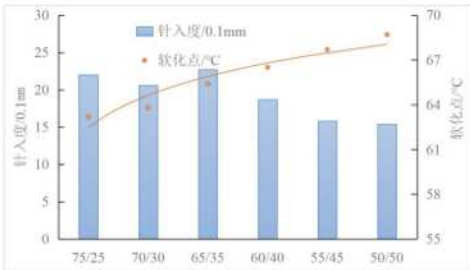


图2 混合沥青针入度、软化点试验

随着TLA 掺量的增加混合沥青针入度降低6.6dmm降低幅度30%，而软化点未有显著改善提高，软化点提高幅度8.7%，TLA 掺量35%~40%属于用量临界范围。室内试验进行TLA 掺量35%、40%浇注式沥青混合料拌合，通过贯入度、动稳定度试验评价TLA 掺量变化对浇注式沥青混合料高温敏感性变化影响。

表3 浇注式沥青混凝土性能试验

项目	种类	TLA 用量	
		35%	40%
刘埃尔流动性 (240℃) (s)		29	48
贯入度 (40℃) (mm)		1.52	1.16
动稳定度 (60℃) (次/mm)		512	775

随着TLA 掺量的增加，浇注式沥青混合料贯入度降低，动稳定度提高，即浇混合料高温稳定性有所提高。说明沥青胶结料设计使用由30#硬质沥青、低针入度天然湖沥青组成的混合沥青，对浇注式沥青混合料高温稳定性起到作用，但同时也会影响浇注式沥青混合料施工和易性。

4.2 拌合时间

浇注式沥青混合料拌合生产需要在240~260℃搅拌成型，长时间高温搅拌容易促进混合沥青的裂解和老化，

混合料施工和易性降低。贯入度作为浇注式沥青混合料的配合比设计的主要参数之一，实质为间接评价浇注式沥青混合料硬度的一种试验方法。

考虑成型的浇注式沥青混合料受拌合时间、流动性以及温度影响。为统一试验标准，设计浇注式沥青混凝土不同拌合时间条件下成型贯入度试样，进行浇注式沥青混合料贯入度、贯入度增量试验。

表4 不同拌合时间浇注式沥青贯入度试验

拌合时间 / min	刘埃尔流动度		40℃贯入度	40℃贯入度
	温度 /℃	流动度 /s	/mm	增量 /mm
60	240	32	1.23	0.14
90	240	22	1.02	0.12
120	240	35	0.92	0.08
150	240	42	0.89	0.07

根据表4所示，经过60~90min高温拌合，浇注式沥青混合料搅拌均匀充分，刘埃尔流动度降低，说明浇注式沥青混合料从粒料状态逐步向塑性流体转变，达到内部几乎零孔隙的状态，贯入度及贯入度增量逐步减小。高温拌合时间超过2h，浇注式沥青混合料中的自由沥青逐渐老化，沥青含量降低，导致混合料施工和易性降低。因此，在追求浇注式沥青混合料高温稳定性的同时^[2]，沥青胶结料选择以及拌合生产控制，一方面选择耐老化的沥青或浇注式特种沥青；另一方面浇注式沥青混合料拌合生产尽量低温拌合，拌合时间不宜超过1.5h。

4.3 使用温度

浇注式沥青混凝土高温性能主要依靠细集料、矿粉、胶结料形成的沥青胶浆。浇注式沥青混凝土内部温度升高，在车辆荷载作用下表现出永久性塑性变形。通过比较浇注式沥青混凝土40℃、50℃、60℃，轮辙压强0.63MPa动稳定度试验，评价温度变化对浇注式沥青混凝土高温性能的敏感程度。

表5 浇注式轮辙试验 (0.63MPa)

试验温度 (℃)	动稳定度 (次/mm)	变异系数 (%)
40	9000	4.3
50	1867	11.1
60	464	7.6

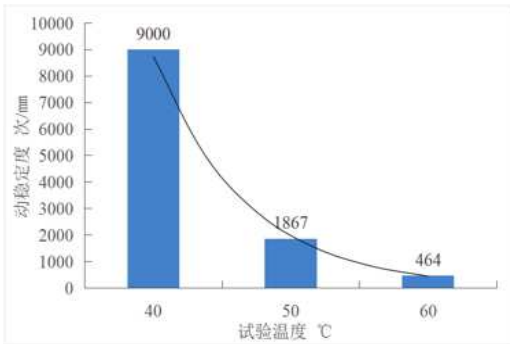


图3 浇注式沥青混凝土温度—动稳定度关系图

浇注式沥青混凝土对40℃环境温度几乎不太敏感,混凝土的高温性能依然良好,动稳定度能够达到9000次/mm左右;试验温度50℃是浇注式沥青混凝土高温性能降低的拐点,当温度每升高10℃时,浇注式沥青混凝土的高温性能按照4~5倍的关系递减。值得注意的是浇注式沥青混凝土高温稳定性对温度变化极为敏感,在极端高温气候季节有必要对浇注式沥青混凝土铺装层采取一定的降温措施,以保证铺装层的使用寿命^[3]。

4.4 轮载变化影响

试验评价研究浇注式沥青混凝土高温稳定性,轮载强度参照日本轮载接地压强0.63MPa,与我国公路道路设计规定的轮载接地压强0.707MPa有所区别。高温重载易加剧沥青路面高温车辙病害的发生,试验通过比较60℃、轮载接地压强分别为0.63MPa、0.707MPa的浇注式沥青混凝土动稳定度试验,评价不同轮载等级对浇注式沥青混凝土高温稳定性影响。

表6 不同温度/轮载浇注式动稳定度

试验温度(℃)	轮载压强(MPa)	动稳定度(次/mm)
60	0.63	464
60	0.707	359
65	0.707	304

浇注式沥青混凝土动稳定度,随着轮载接地压强的增加逐渐降低,当接地压强增加到0.707MPa时,动稳定性能降低14.9%;相同的轮载条件,随着试验温度的提高,浇注式沥青混凝土高温稳定性呈下降的趋势。

4.5 结构层厚度变化

试验成型总厚度7.5cm,尺寸500mm*180mm*75mm浇注式沥青铺装组合结构,采用法国车辙试验机,试验轮内部气压0.4~0.7MPa,接地压强0.707MPa、碾压10000次车辙试验。通过完成不同阶段的碾压次数后,测量轮胎碾压区域15个测点变形量,评价浇注式沥青混凝土铺装厚度对组合结构高温性能的影响^[4]。

表7 浇注式沥青铺装组合结构

组合结构	I	II	III
铺装上层	4.5cm改性沥青	4.0cm改性沥青	3.5cm改性沥青
粘结层	改性乳化沥青	改性乳化沥青	改性乳化沥青
铺装下层	3.0cm浇注式沥青	3.5cm浇注式沥青	4.0cm浇注式沥青

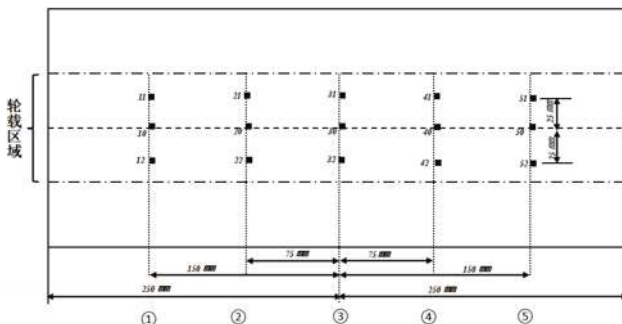


图4 测点位置图

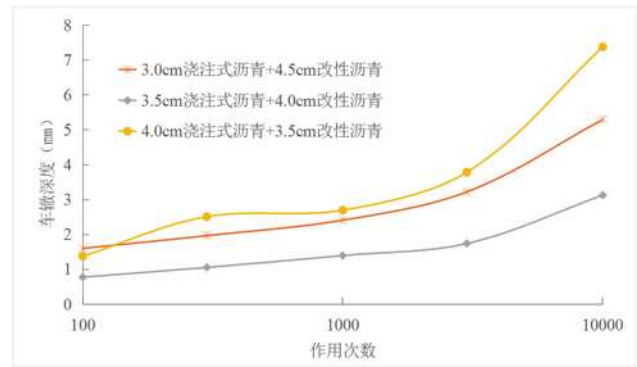


图5 不同组合结构的轮辙深度

浇注式沥青混合料组合结构类型I、II高温稳定性能优于组合结构类型III,在结构层厚度保持不变,适当降低浇注式沥青混合料厚度,增加上层改性沥青混合料厚度,可提高浇注式沥青组合结构的高温性能。

5 结束语

参照浇注式沥青混合料设计标准,刘埃尔流动性和高温稳定性两项指标实质为对立、矛盾的统一。注重浇注式沥青混合料高温稳定性的同时,容易降低混合料施工和易性、低温弯曲应变以及抗疲劳耐久的能力。因此,关于侧重浇注式沥青混合料高温稳定性的优化设计以及提高铺装使用寿命,提出下述注意事项:

(1) 针对浇注式沥青混合料沥青胶结料的选用,除采用低标号沥青外,浇注式沥青耐老化性能以及黏韧性也是关注的重点。

(2) 浇注式沥青混合料厚度变化对其高温稳定性较为敏感,对浇注式沥青混合料设计厚度应当有所限制,过厚的浇注式沥青铺装结构反而加剧整体铺装结构车辙病害的形成。

(3) 相比轮载变化的影响,使用温度对浇注式沥青混合料高温稳定性极为敏感,对铺装层及时洒水降温,限制超载、重载交通等措施显得尤为重要。

参考文献:

- [1]程刚,陈先华,王晓.江阴大桥桥面铺装裂缝分析(英文)[J]. Journal of Southeast University(English Edition), 2005(04): 490-494.
- [2]陈先华,黄卫,李洪涛.钢桥面浇注式沥青混合料铺装的高温稳定性研究.重庆交通学院学报, 2003, (1): 32-35.
- [3]陈仕周,胥志宏.复合改性沥青在钢桥面浇注式沥青混凝土中的应用[J].公路交通技术, 2005, 10(5): 73-75.
- [4]刘大梁,姚洪波,包双雁.纳米碳酸钙和SBS复合改性沥青的性能[J].中南大学学报(自然科学版), 2007(03): 579-582.