

高黏高弹沥青混凝土在柔性桥面施工中的应用

徐 池, 苟 圣

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:为解决改性沥青混合料 SMA-13 作为刚性桥面层黏结性不强、弹性恢复不足等常见质量通病,从沥青、碎石等原材料的选择着手,总结出黏结基面处理要求、黏结层做法、混合料摊铺等几个关键控制点,制定了相应的解决办法并予以实施,解决了柔性桥面沥青混凝土摊铺出现的质量问题。

关键词:SMA-13;高黏高弹改性沥青;柔性桥面;黏结力;云龙湾大桥

中图分类号:U444;U445;U442

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)06-0040-04

Application of High-viscosity and High-elasticity Asphalt Concrete in the Construction of Flexible Bridge Deck

XU Chi, GOU Sheng

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213)

Abstract: SMA-13, as a rigid bridge deck, has common quality problems such as weak adhesion and insufficient elastic recovery. In order to solve these problems, starting with the selection of raw materials such as asphalt and crushed stone during construction, this paper summarizes several key points, such as treatment requirements and practices of adhesive level and mixture pavement, and the countermeasures are elaborated and conducted so as to solve the common quality problems of asphalt concrete pavement on the flexible bridge deck.

Key words: SMA-13; High elastic modified asphalt; Flexible bridge deck; Cohesive force; Yunlongwan Bridge

1 概 述

国内外的悬索桥梁体系常采用钢箱梁柔性体系,为减轻桥面自重,桥面多采用薄层改性沥青混凝土 SMA-13 作为道路摊铺面层。但这种桥面铺装方式易出现沥青面层剪切推移破坏、局部壅包、车辙等质量通病,因此,如何保证道面沥青混凝土长期使用质量即成为施工过程中的主要控制要点^[1]。

云龙湾大桥为自锚式悬索桥,桥面铺装层设计为:高弹改性沥青混合料 SMA-13 面层+防水应力吸收黏结层(高黏高弹改性沥青+洒布碎石)+STC(表面采用精铣刨方式进行糙化处理,处理深度为 5 mm)。桥面铺装体系采用超高韧性混凝土(STC)通过剪力钉+钢筋网与钢桥面连接的方式,具有高韧抗弯等特性,从而解决了钢桥面与桥面铺装层易疲劳脱离破坏等问题。但相对于 STC 材质,沥青混凝土偏柔性,在道面使用过程中沥青混凝土受车辆及温度影响变形较大,因

此,STC 与沥青混凝土之间的黏结性和沥青混凝土自身所具备的延展性、抗老化性、抗疲劳性成为施工质量的控制重点。详细阐述了高黏高弹沥青混凝土在柔性桥面施工中的应用过程。

2 材料性能的选择

2.1 材料对比

高黏高弹沥青与普通沥青相比,具有高黏度、高软化点的特性,将其应用于沥青混凝土后,其高黏特性能够更好地包裹级配料,使级配料之间形成稳定状态,可以保证成型道面的稳定性和抗车辙性。根据道面设计参数要求和《城镇桥梁沥青混凝土桥面铺装施工技术标准》(CJJ/T279-2018)要求,项目部遍寻多家特种沥青生产厂家提供样品进行测试,对满足要求的样品参数进行了对比,沥青性能参数对比情况见表 1。为保证道面沥青混凝土与 STC 面的黏结性以及沥青混凝土的自身稳定性,设高黏高弹沥青材料中的黏度参数为重要指标,最终对比后选用了黏度更高的沥青材料(黏度 60 ℃:610 000 pa·s),该参数超

收稿日期:2022-05-05

表1 沥青性能参数对比表

指标	单位	指标	宝利	重庆SK	华特	国创	
针入度(25°,5 s,100 g)	0.1 mm	40~70	64	65.5	61	58.7	
延度(5 °C,5 cm/min)	cm	≥40	51	56.4	59.7	45	
软化点(环球法)	°C	≥90	104.5	100	100	102	
黏度(60 °C)	Pa·s	≥60 000	610 000	128 074	570 000	375 000	
运动黏度(150 °C)	Pa·s	≤3	2.09	2.17	2.21	1.86	
闪点	°C	≥260	320	335	312	305	
TFOT(或 RTFOT) 后残留物	质量变化	%	-1~1	0.55	0.9	0.45	0.22
	针入度比(25 °C)	%	≥65	80	81	80	79
	延度(5 °C)	cm	≥30	35	36.2	35	34

过设计要求参数的10倍,相应材料的软化点亦达到104.5度,在摊铺施工过程中温度控制成为施工重点^[2]。

2.2 性能检测

沥青参数满足设计及规范要求后,为测试沥青在STC面的黏结度,项目部委托试验室进行了复合件模拟工况的抗剪及拉拔试验,根据在STC界面撒布不同的沥青量、测试不同温度下沥青与STC面的黏结力,得出在STC面高弹性改性沥青洒布量为1.6~2 kg/m²时沥青与STC面黏结力最强^[3]的结论。

为增大沥青与STC的黏结面积,增强STC和道路面层间的剪切强度,项目部对STC试块表面采取不同刻槽深度、刻槽宽度及表层拉毛的方式进行了试验黏结力检测。为保证STC钢筋保护层厚度和后期道面的维修保养,项目部技术人员结合试验测试数据在现场决定对STC表面采用精铣刨5 mm的方式,既将STC表面浮浆层刨除,又不损伤其钢筋保护层。

2.3 沥青混凝土配合比设计

在配合比设计前,按照施工图材料设计参数对粗集料、细集料、填料、纤维稳定剂等原材料进行检测,在检测结果满足相关要求的前提下进行了目标配合比调试。调试过程中,根据铺装层设计,桥面面层作为单层、薄层铺装面结构,沥青混凝土渗水性成为防止STC表面形成水膜层的关键参数,调整配合比中的骨料间隙和粒径粗细参数,既要保证骨料粒径具有较大的抗车辙性,又要具有足够的细粒径对粒径缝隙进行封闭,才能保证道面层防水抗压。

经过对配合比进行调配,该项目的沥青混合

料在满足车辙设计参数的情况下,道面渗水试验结果达到了基本不渗水条件。

3 施工过程控制

3.1 STC顶面精铣刨

STC顶面精铣刨施工工艺流程为:STC基面处理试验→施工准备→施工放样→精铣刨→界面检测。

(1) STC基面处理试验。

①精铣刨。在性能检测阶段明确测试实施方案后,项目部对现场非主要部位进行了精铣刨试验以确定精铣刨设计施工工艺及相关参数。试验内容:大铣刨机铣大面,小铣刨机铣基座边带,采用人工打磨基座边带的残留物、高压冲毛机对基面进行清洗的方式。

精铣刨试验得到的施工参数:精铣刨下刀深度为4 mm,单次铣刨宽度为2 m,铣刨车的行进速度为5 m/min,施工效率为1 000 m²/h。

②摊铺前进行的基面除锈试验。桥面摊铺前,由于STC基面铣刨后钢纤维露出易锈蚀,为保证应力吸收层与基面间的黏结力满足要求,对STC基面即将进行下一步施工的工作面进行了抛丸机除锈试验。

(2)施工准备。根据精铣刨试验取得的成果,最终选择的精铣刨鼓刀间距为5.5 mm,铣刨深度可在0~10 mm间调节,处理后的表面将产生均匀细致的纹理。

(3)施工放样。根据工作面需搭接1~3 cm的原则,对精铣刨施工面进行放样。

(4)精铣刨施工。

①大面精铣刨。根据精铣刨试验得出的施工参数进行铣刨施工。为避免铣刨下刀过深而

伤及 STC 层的剪力钉和钢筋网,下刀深度不应超过 4 mm。在铣刨开始至铣刨结束过程中,铣刨机的铣刨厚度均需缓慢调整到计划要求的铣刨深度,禁止突变铣刨高度及速度。铣刨过程中,必须派人全程对铣刨面进行及时检查并清洗工作面。

②采用小型铣刨机局部铣刨。对于精铣刨效果不佳的局部位置,采用小型铣刨机辅助铣刨,控制小型铣刨机的下刀深度不超过 3 mm。

③边角带采用人工凿毛方式。对于边角带 8 cm 宽机械无法铣刨的区域,采用手砂轮打磨去除 STC 表面残留物的方式形成粗糙面。

④采用冲毛机清理残留物。大面及局部铣刨全部结束后,采用冲毛机由跨中向两侧清洗桥面。冲毛机的工作压力必须保证在 40 MPa 以上(最大为 45 MPa)。STC 基面冲洗完成后,采用空压机去除 STC 基面因高压水冲形成的内部毛细孔水,以避免桥面后期铺装 STC 基面顶形成水膜而造成基面与面层的黏结力达不到要求。

⑤摊铺前的除锈与除尘。正式摊铺前 2 d,采用抛丸机对 STC 基面进行抛丸除锈除尘,并使用空压机风吹设备由跨中向两边对 STC 表面进行吹扫以保证 STC 表面无锈、无尘、无水。STC 顶面摊铺前的效果见图 1。



图 1 STC 顶面摊铺前效果图

3.2 应力吸收黏结层施工

应力吸收黏结层在整个结构层中起到的作用非常重要。该层对 STC 表层毛细孔进行封闭,在 STC 表层起黏结防水作用,并与沥青混凝土面层形成黏结作用。

(1) 应力吸收黏结层撒布量试验。

正式施工前,选择空地试验:采用标准平米试板进行油量、碎石等相关参数的控制,通过试板对碎石洒布覆盖率进行确认,根据试验结果选取车辆匀速阶段的参数。

试验参数为:车辆匀速行进为 6 km/h 时,高黏高弹改性沥青洒布量为 1.78 kg/m^2 。根据设计要求,碎石撒布覆盖面积应不低于其表面积的 70%,即碎石撒布量为 5 kg/m^2 。经测试,当碎石撒料口刻度调整为 1 时,此时实测的碎石洒布量为 5.4 kg/m^2 。

(2) 准备工作。

设备的准备:撒布设备在施工前应进行认真的清理,将储油罐中的残油清除干净。

材料的准备:施工前 3 d,应将碎石拌制好并妥善存放,使其温度降至常温以方便撒布。预拌碎石拌制过程中应严格控制沥青的用量,采用手动、多次投料的方式投洒沥青,绝不能因沥青用量过小出现花白料,也不能因沥青用量过大而板结成块导致无法洒布。

正式施工前的调试准备:施工前,应将沥青迅速升温至 $175 \text{ }^\circ\text{C}$ 并将其直接注入同步碎石封层车,运输过程中,同步碎石封层车持续对沥青加热至温度 $190 \text{ }^\circ\text{C} \sim 195 \text{ }^\circ\text{C}$,但不能超过 $200 \text{ }^\circ\text{C}$;同时应使其循环,避免改性剂离析。沥青运到施工场地后,每辆撒布车均需寻找空地对撒布效果进行试验,待其满足要求后再进场撒布。

(3) 应力吸收黏结层的洒布。

①洒布过程中,应保证沥青洒布均匀,洒布车应保持较慢的速度,一般将其速度控制在 1.6 m/s 。根据现场实际情况,调节后的沥青洒布车的沥青洒布量一经固定,不得随意调整。

②在起步和停止位置铺设沥青毡,以便于准确进行多幅撒布时的横向衔接,洒布车经过后及时取走沥青毡。

③非机动车道应力吸收层施工时,为避免施工车辆来回行驶污染、破坏工作面,同步碎石封层车需要用吊车吊入非机动车道,由一端向另一端行驶。

④为保证施工质量,施工应力吸收黏结层时应封闭交通,以防止局部沥青被车辆轮胎粘走而破坏黏结层的整体效果。

(4) 碎石的撒布及碾压。

试验阶段已确定碎石撒布撒料口的开口大小,开口参数一经固定,不得随意调整。

碎石撒布以均匀撒布、不散失为标准。对于局部碎石量不足的地方,应立即由人工进行补撒。

撒布碎石后用轮胎压路机进行碾压,碾压遍数为2~3遍。压路机必须紧跟在碎石撒布车后,碾压速度要慢且均匀,启动、停止时必须减速缓慢进行,不得随便调头。

(5)应力吸收黏结层黏结力的检测。根据《城镇桥梁沥青混凝土桥面铺装施工技术标准》(CJJ/T 279-2018),现场完成黏结层撒布后,待沥青面自然冷却后对黏结层进行拉拔试验,拉拔试验采取2 cm标准圆形拉拔头,在10℃~15℃环境温度下,黏结强度 ≥ 0.6 MPa^[4]。现场应力吸收黏结层黏结力检测情况见图2。



图2 应力吸收黏结层黏结力检测图

3.3 高弹改性沥青 SMA-13 面层施工

沥青混合料的摊铺全部由机械施工。由于气温原因,在桥面搭设纵向抗风围挡,初压应在摊铺机后10 m以内的地方实施碾压作业,以求迅速锁住混合料温度。

(1)混合料的生产。根据生产配合比试验参数,其拌和工序全过程采用自动控制。混合料拌和温度控制:石料加热至220℃,混合料拌和后的出料温度按180℃~190℃控制;对于超过195℃的混合料应做废弃处理。在拌合站进行现场试拌,拌和时间控制为干拌10 s,湿拌40 s。

拌和过程中,应充分注意矿粉掺加、纤维掺加、沥青用量及出料温度控制,同时,冷料仓上料速度的设置应充分考虑到加热鼓风中细集料中的粉料(粒径 < 0.3 mm的材料)损失。试验室人员按相关规定的抽样频率取样检验并密切观察所拌制混合料的质量。

(2)混合料的运输。为避免运输过程及待摊铺料等候温度的损失,严格控制混合料的生产速率,应尽量保持现场摊铺速度与混合料生产速率一致。运输过程中应加盖保温材料,运输车辆进场前应完成车辆的清洗,避免污染施工作业面。

车辆进入作业面时应减低车速,避免车速变化造成应力吸收黏结层破坏。

(3)混合料的摊铺。摊铺前,用鼓风机将黏结层的水分和灰尘清理干净,检查工作面是否洁净、干燥,待其符合要求后方可进行摊铺施工。

摊铺开始前,至少提前1 h使摊铺机就位于起点,并将摊铺机熨平板充分预热至120℃以上。摊铺机采用非接触式平衡梁方式找平。

摊铺机的行走速度应尽可能放慢,以便与拌和楼的拌和能力相匹配(摊铺能力应适当低于拌和能力)。摊铺机的行走速度依据其拌和能力一般将其控制在1.5~2.5 m/min范围,最高不超过3 m/min。摊铺机行走时,应尽量避免在沥青铺装层上转弯。绝对禁止在铺装层上急转弯和调头。

由于高黏高弹改性沥青混合料的摊铺温度不应低于165℃,因此,对于运到现场的混合料一定要合理安排、调配,对于每辆车的最后余料温度不满足要求的部分需经摊铺机加温至足够温度后再进入摊铺面。

摊铺过程中,应随时检查摊铺厚度,主桥按预松铺系数1.15进行摊铺,并根据压实情况进行调整。

(4)混合料的压实。改性沥青 SMA-B 混合料的碾压必须紧跟摊铺机碾压,初压、复压工作长度约为30 m,不允许超过50 m。面层的碾压应遵循紧跟慢压、高频低幅的原则。①初压。初压的目的是为了使摊铺后的混合料达到初步稳定要求,并锁住混合料内部的温度,为复压创造条件。初压采用一台自重大于10 t的普通双钢轮压路机静压。初压压路机每次前进时,均应前行到接近摊铺机尾部的位置。每次前进后均应在原轮迹上(重复)倒退,第二次前进应重复约2/3轮宽,往返一次为碾压一遍,需碾压1~2遍。铺装表面层施工时,应将行驶速度控制在3 km/h范围内。初压开始时,混合料内部的温度不应低于160℃。②复压。复压的目的是使混合料达到预想的密实效果。复压采用两台自重大于10 t的水平振荡压路机,复压段落的长度为20~35 m,压路机的行驶速度应控制在1.5~2 km/h,碾压4~5遍。复压完成时的铺装温度应大于130℃^[5]。③终

(下转第47页)

浇筑过程连续、均匀,浇筑质量得到有效控制。所拌制的混凝土和易性、黏聚性、流动性较好,浇筑过程中无泌水、离析、堵管现象。对于混凝土硬化性能方面,其抗压强度、抗冻性、抗渗性均满足设计要求,围堰施工完成后无渗漏。左

岸导流洞封堵施工期间,基坑内基本无渗水。围堰施工完成后,采用声波法对混凝土结构进行了检查,围堰整体结构密实,无空洞、蜂窝、断层、裂缝等质量缺陷。水下自密实混凝土检测结果见表7。

表7 水下自密实混凝土检测结果表

项目	实际扩展度(均值) /mm	实际含气量(均值) /%	抗压强度(均值) /MPa	抗冻性(均值)	抗渗性(均值)
检测结果	610	4.1	36.2	≥F100	≥W10
检测组数	9	8	9	2	2

5 结语

水下自密实混凝土作为一种新兴的混凝土技术,通过采用适宜的配合比和施工工艺,能够保证混凝土的施工性能及浇筑质量。水下自密实混凝土在锦屏一级水电站左岸导流洞出口围堰中的实际应用取得了以下成果:

(1)配合比设计时,应对各种原材料进行优选,通过采用中热水泥、掺加适量的掺合料(如粉煤灰)、使用高性能减水剂等技术手段,可以设计出性能良好、经济合理的配合比。

(2)配合比设计时,其不仅应满足设计指标,还应重点考察混凝土的施工性能,且其施工性能应与施工工艺相匹配。

(3)大体积水下混凝土应采取预冷混凝土,在混凝土中埋设冷却水管并通水冷却。还应埋设混凝土温度监测设备,密切监控混凝土的内外温差,以便于即时调整冷却水的流量、温度及通水时间。

(上接第43页)

压。终压又称为收迹碾压,其作用是为了将复压造成的轮迹收光。终压采用普通双钢轮压路机无振动碾压收迹1~2遍即可。碾压终了时,其路表温度应大于90℃。

4 结语

以云龙湾大桥为依托工程,采用高黏高弹沥青应用于柔性桥面薄层铺装,运行两年后经检查未发现常见的桥面铺装病害。本案例的成功应用,从施工角度对黏结基面处理要求、黏结层做法、混合料摊铺几个关键施工控制点进行了叙述,所取得的经验对采用同类施工方法的项目施工具有借鉴和参考意义。

参考文献:

(4)浇筑过程中,为减少水流对浇筑部位的扰动,应采取一定的保护措施,使浇筑部位周围处于静水状态。此外,采用导管法施工时,其导管直径、间距、拔管速度等工艺参数对混凝土施工质量的影响较大,应通过探索找出适宜的施工参数。

参考文献:

- [1] 林祖宏. 自密实混凝土配合比及其性能研究现状综述[J]. 混凝土, 2016, 44(9): 97-99.
- [2] 水工混凝土配合比设计规程, DL/T 5330-2015[S].
- [3] 自密实混凝土应用技术规程, CECS203-2006[S].
- [4] 水下不分散混凝土试验规程, DL/T 5117-2000[S].
- [5] 樊艺峰. 自密实混凝土研究综述[J]. 山西水利, 2011, 27(8): 34-35.

作者简介:

李凤玉(1981-),男,宁夏中卫人,高级工程师,从事水利水电工程试验检测技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

- [1] 司魁. 桥面沥青铺装层裂缝病害分析及处理措施[J]. 交通世界(建养、机械), 2015, 22(12): 104-105.
- [2] 袁野, 杨成柱, 陈彦忠. 玛瑞原油生产和易性高黏高弹沥青的研究[J]. 石油沥青, 2018, 32(4): 51-53.
- [3] 公路钢桥面铺装设计与施工技术规范, JTJ/T 3364-02-2019[S].
- [4] 城镇桥梁沥青混凝土桥面铺装施工技术标准, CJJ/T 279-2018[S].
- [5] 兰海, 王刚, 郭荣国, 等. 钢桥面高黏高弹沥青 SMA 混合料铺装压实技术研究[J]. 工程机械, 2020, 51(7): 28-35.

作者简介:

徐池(1978-),男,四川仁寿人,副总经理,高级工程师,硕士,从事建筑工程市场营销与市政工程施工技术与管理工作;
苟圣(1994-),男,四川阆中人,项目副主任,助理工程师,从事市政工程施工技术与质量管理工作。

(责任编辑:李燕辉)