

文章编号: 0451-0712(2006)04-0090-03

中图分类号: U443.33

文献标识码: B

润扬大桥钢桥面铺装设计

李洪涛¹, 黄卫², 吉林¹

(1. 江苏省长江公路大桥建设指挥部 南京市 210001; 2. 东南大学 ITS 中心 南京市 210096)

摘要: 针对润扬大桥钢桥面铺装使用条件, 结合科研成果, 完成钢桥面铺装方案设计, 提出环氧沥青混合料配合比设计方法及铺装施工工艺要点。

关键词: 钢桥面铺装; 环氧沥青; 设计

润扬大桥是长江上第一座由悬索桥和斜拉桥 2 座大跨径桥梁组合而成的刚柔相济的特大型桥梁, 是连接镇江和扬州 2 个城市的重要过江通道。南汉悬索桥采用跨径 1 490 m 的单孔双铰钢箱梁悬索桥, 为目前中国第一、世界第三大跨径悬索桥。北汉斜拉桥采用 (176+406+176)m 的三跨双塔双索面钢箱梁斜拉桥。

润扬大桥钢桥面铺装面积大、使用条件复杂, 是大桥建设的关键技术难题之一, 受到交通部、江苏省领导和专家的高度重视。从 2000 年底, 润扬大桥开工建设之初, 指挥部就与东南大学联合开展钢桥面铺装科研攻关工作, 历经 3 年多的技术攻关, 取得了系列的科研成果, 在此基础上完成了润扬大桥钢桥面铺装的设计。

1 铺装使用条件

1.1 交通荷载^[1]

根据润扬大桥工程可行性研究报告, 未来各特征年润扬大桥年过江交通量(包括自然增长正常交通量、诱增交通量及转移交通量)分别为: 2003 年为 21 746 辆/d, 2010 年为 43 056 辆/d, 2015 年为 61 054 辆/d, 2022 年为 76 288 辆/d。

在进行钢桥面铺装设计时, 考虑车辆实载率, 取设计超载比(超载车占同种车总数的百分比)为 15%, 设计超载量(实际超载量占该车额定载重量百分比)为 20%。根据工程可行性研究报告中未来各车型分担比例、特征年段的预测交通增长率、各特征年的过江交通量及部颁标准车型换算系数, 按照《公路

沥青路面设计规范》(JTJ 014-97)规定的方法, 计算出钢桥面铺装设计使用年限内铺装材料的累计当量轴载作用次数如表 1 所列。

表 1 铺装设计年限内标准轴载累计作用次数

实际轴重/kN	轮胎压力/MPa	累计轴载作用次数/万次
100	0.70	1 161

1.2 环境条件

镇江、扬州地区属于亚热带季风气候区, 夏季天气炎热, 月平均最高气温达 31.8℃, 历史极端最高气温可达 40.9℃; 冬季较为寒冷, 月平均最低气温为 -2℃, 历史极端最低气温为 -12℃; 过去 10 年的年平均气温为 15.4℃。镇江市、扬州市属于多雨潮湿气候地区, 年均相对湿度达 80%, 其中最热月(7 月份)平均相对湿度为 89%, 最冷月(1 月份)平均相对湿度为 71%; 年均降水量为 1 072.8 mm, 4 月~8 月份为雨季, 雨季降水量约占全年降水量的 75%。

在环境条件中对铺装影响最大的因素是气温, 因此根据气温条件确定桥面铺装的设计温度范围是钢桥面铺装设计十分重要的环节。根据江苏省境内的某大跨径钢箱梁桥的实测资料, 当气温达到 34℃ 时, 铺装表面温度可达到 65℃ 以上^[1]。与润扬大桥纬度基本相同的南京二桥、江阴大桥铺装设计温度范围均为 -15℃~70℃。结合润扬大桥所在地区的环境等因素分析, 润扬大桥钢桥面铺装材料的设计最高工作温度为 70℃, 设计最低工作温度为 -15℃。

1.3 构造条件

钢桥面由桥面板、加劲肋以及横隔板共同组

成,具有正交异性特性,铺设其上的铺装层对行车荷载作用的响应明显不同于一般道路上铺装层的特征,其工作状态受钢桥面结构的变形、位移、振动影响极大。因此,钢桥面铺装支撑结构构造条件是影响铺装设计的另一重要因素,近年来得到铺装研究工作者的广泛关注。

润扬大桥南汊桥为单孔双铰钢箱梁悬索桥,主跨为1 490 m。南汊桥主梁为带风嘴的扁平流线形钢箱梁,梁高为3 m,箱梁全宽为38.7 m(含检修道),中间车道宽为32.50 m(铺装范围)。全桥钢箱梁由标准节段现场焊接而成,箱梁内部纵向采用U形加劲肋,U形钢板厚为6 mm。顶板肋口宽为300 mm,2根肋中心间距为600 mm;底板肋口宽为400 mm,2根肋中心间距为900 mm。钢箱梁内部每隔3 220 mm设一道横隔板,横隔板在非吊索处厚为8 mm,吊索处厚为10 mm。南汊桥桥面设计纵坡为3%,设计双向横坡为2%。

润扬大桥北汊桥为三跨双塔双索面钢箱梁斜拉桥,全长为758 m,主跨为406 m。北汊桥钢箱梁高为3 m,钢箱梁全宽为37.4 m,钢桥面板宽为33.8 m。全桥纵向设置2道厚为12 mm的实体式纵隔板,采用U形肋加劲。顶板U形加劲肋为8 mm厚的钢板组成,肋口宽为300 mm,2根肋中心间距为600 mm;底板U形肋采用6 mm厚钢板,肋口宽为250 mm,2根肋中心间距为800 mm。钢箱梁横向采用横隔板分隔,横隔板厚度为10 mm,有拉索处厚为12 mm,支座处厚则采用20 mm;横隔板间距为3 750 mm。

南、北汊桥钢箱梁顶板厚度原设计为12 mm。据钢桥面铺装力学分析结果,增加桥面板厚度将有利于铺装层应力分布的改善。综合考虑恒载增加的影响,将顶板厚度调整为14 mm。

2 钢桥面铺装设计方案

2.1 行车道铺装结构方案

润扬大桥南汊悬索桥与北汊斜拉桥的钢箱梁桥面行车道均采用双层铺装方案,铺装结构由环氧富锌漆防护层、2.5 cm厚环氧沥青混凝土铺装下层、环氧沥青粘结层及3 cm厚环氧沥青混凝土铺装上层组成,铺装结构如图1所示。

(1)润扬大桥南、北汊桥的行车道、中央分隔带及检修道钢桥面板均采用环氧富锌漆重防腐涂装,设计干膜厚度为60~80 μm 。钢桥面采用真空无尘打砂的除锈方法,要求喷砂除锈后钢板表面的光洁

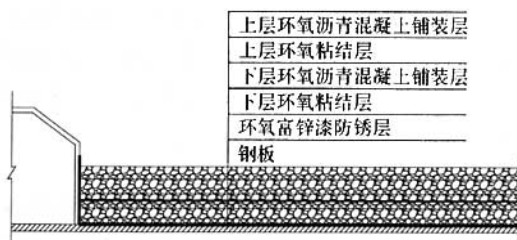


图1 行车道铺装结构

度达到Sa2.5级,粗糙度达到40~80 μm ;要求漆膜与钢板的附着力大于6.0 MPa。

(2)铺装层与钢板间防水粘结层及铺装上下层间粘结层均采用环氧沥青粘结料。铺装层与钢板间防水粘结层喷洒量为 $(0.68 \pm 0.05) \text{ L/m}^2$,上下层间粘结层喷洒量为 $(0.45 \pm 0.05) \text{ L/m}^2$ 。与钢板及铺装层粘结强度要求常温下不小于2.75 MPa,60℃下不小于1.75 MPa。

(3)环氧沥青混凝土优异的高低温性能能够适应不同层次铺装使用性能的要求,为方便施工起见,上、下层均采用相同配合比的环氧沥青混合料。考虑到防水要求,上下层铺装空隙率均要求小于3%。

2.2 中央分隔带及检修道铺装结构方案

中央分隔带铺装没有行车要求,主要考虑防水。因中央分隔带护栏基座高于桥面,若采用普通沥青混合料,难以压实且无法达到预期的防水效果,因此,该处采用浇注式沥青混凝土封闭,厚度设计为5.5 cm,如图2所示。

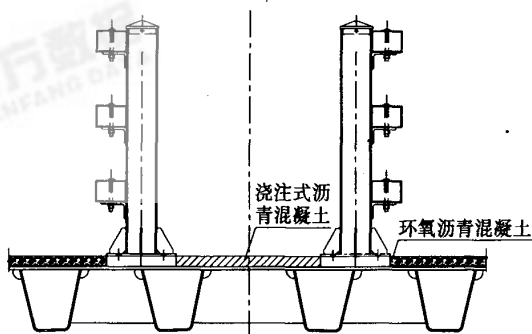


图2 中央分隔带铺装结构

检修道采用2 cm厚彩色橡胶板铺装,颜色与主桥色系相匹配,选用天使蓝色。

3 材料组成及配合比设计

环氧沥青是一种由环氧树脂、固化剂与基质沥青经复杂的化学改性所得的混合物。1967年美国

San Mateo—Hayward 大桥首次采用了环氧树脂沥青混合料作为钢桥面铺装材料,随后因环氧沥青混合料铺装优异的性能,在美国、加拿大、荷兰和澳大利亚等国家得到大量应用。

3.1 环氧沥青

所用环氧沥青由美国进口,为双组分化学材料。组分A是由双酚A和表氯醇经反应得到的液态双环氧树脂,不含稀释剂、软化剂或增塑剂,也不含无机填料、色素和其他污染物或不溶物质。组分B是一种由石油沥青和固化剂组成的匀质合成物,不含不可溶物质(比如无机填料或色素等)和污染物。类型Id为粘结料,类型V为结合料。组分A和B按要求混合并固化后得到的环氧沥青技术指标如表2所列。

表2 环氧沥青技术要求

技术指标	技术要求		试验方法
	类型Id	类型V	
抗拉强度(23℃)/MPa	≥6.89	≥1.52	GB/T 528—1998
断裂延伸率(23℃)/%	≥190	≥200	GB/T 528—1998
热固性(300℃)	不熔化	不熔化	特殊方法
膨胀比(23℃)	≤3.0	≤3.5	特殊方法
浸耗率(23℃)/%	≤35	≤35	特殊方法
吸水率(7 d, 23℃)/%	≤0.3	≤0.3	特殊方法
在荷载作用下的热挠曲温度/℃	-18~-15	-18~-25	特殊方法
粘度增加至 1 000 cP 的时间(121℃)/min	≥20	≥50	特殊方法

3.2 集料及矿粉

粗、细集料采用玄武岩集料,矿粉采用石灰石矿粉。铺装用集料应采用干净、坚硬、耐磨的非酸性矿料,表面100%为破碎面。针片状含量应小于5%,洛杉矶磨耗损失≤22.0%,粗集料磨光值≥48(BPN)。粗集料应分类袋装;细集料和矿粉应加衬塑料袋,以防受潮。

3.3 配合比设计^[1]

在选定结合料、集料及相应级配后,根据马歇尔试验确定环氧沥青混合料的最佳油石比。试验研究表明,试验结果受成型温度、固化程度以及击实次数的影响明显,因此,环氧沥青混合料的设计参数不能仅仅采用马歇尔指标。

在马歇尔试验指标的基础上,选用混合料的空隙率、视密度、间接拉伸应变、冻融劈裂强度比(TSR)等指标作为环氧沥青混合料的设计参数,并

根据环氧沥青混合料的高、低温性能等指标对混合料的级配及油石比进行微调,确定最佳设计油石比。

目标配合比确定后,进行生产配合比的调整确定。按目标配合比确定的冷料比例上料、烘干、筛分,然后对各号仓取样筛分,与目标配合比设计一样进行矿料级配计算,得出不同料仓及矿料用量比例,接着按此比例进行马歇尔试验,确定最佳油石比,供试拌试铺使用。通过试铺段施工,检测混合料各项性能指标,对生产配合比进行验证。

4 施工工艺要点

环氧沥青混凝土施工工艺及设备与普通沥青混凝土施工类似,只需稍加改造,即可使用普通沥青混凝土拌和站及摊铺、碾压设备。但因环氧沥青为双组分材料,对于2个组分比例、时间与温度等控制要求严格。在施工中,应针对环氧沥青混合料特点注意以下事项。

(1)生产前需对沥青A、B这2个组分混合比例进行标定。

(2)混合料拌和完成到摊铺碾压存在严格的有效工作时间,短于或超过此时间区间都会造成固化反应不完全或压实不充分等后果。因此,拌和站到摊铺现场距离不可过远,从后场到前场运料时间以不大于20 min为宜。在前场应设专人对料车卸料进行调度,根据各车料的实际温度计算具体卸料时刻,按送料单上规定的时间指挥卸料。

(3)混合料拌和及碾压要在规定温度条件下进行,超出温度范围的混合料会造成固化反应不完全或过早固化等后果。因此,应严格控制混合料出料温度在110~121℃范围内,对超出混合料容许温度范围的混合料应予以废弃。

(4)混合料孔隙率较低,施工过程中出现的任何水分都会造成铺装层鼓包、脱层等病害。因此,必须严格施工现场管理,所有上桥车辆必须清洗车轮和车厢,进入施工现场全部人员必须穿戴鞋套,并备有擦汗毛巾;严禁在作业区内喝水、进食、抛弃杂物,确保工作面清洁、干燥。

(5)环氧沥青混合料摊铺宽度不宜过大,根据铺装厚度及拌和能力控制在5 m宽左右。铺装上、下层的纵、横缝,均采用45°的平接缝^[2]。接缝位置应避免设置在横隔板或纵肋顶端。碾压完成2 h后,通过试切确定合适的切缝时机,保证切割面光洁平整、切缝平顺。

文章编号: 0451-0712(2006)04-0093-04

中图分类号: U441

文献标识码: A

轴向力逼近法在圆形截面偏心受压构件承载力复核中的应用

姜云霞

(内蒙古大学职业技术学院 呼和浩特市 010023)

摘 要: 介绍了圆形截面偏心受压构件正截面承载力复核的轴向力逼近法, 和传统算法相比, 该方法更直观易懂, 逼近目标明确, 计算速度更快些。

关键词: 圆形截面偏心受压构件; 承载力复核; 轴向力逼近法

圆形截面偏心受压构件计算方法自 1985 年桥规以来已基本定型, 2004 年桥规在此基础上做了必要的简化与改进, 并增加了诺模图算法。由于图算法比公式算法(公式查表法)快, 日常小量手算时, 用图算法就行了。但不论图算法、公式算法还是电算, 其理论依据都是基本公式, 因此, 对公式算法进行研究或改进仍有实际意义。

圆形截面偏心受压构件承载力复核, 传统采用偏心距逼近法, 此外, 文章主要推荐了轴向力逼近法。

1 基本计算公式

圆形截面偏心受压构件的基本计算公式是:

$$\gamma_0 N_d \leq A r^2 f_{cd} + C \rho r^2 f_{sd} \quad (1)$$

$$\gamma_0 N_d e_0 \leq B r^3 f_{cd} + D \rho g r^3 f_{sd} \quad (2)$$

式中: A 、 B 为有关混凝土承载力的计算系数;

C 、 D 为有关纵向钢筋承载力的计算系数, 以上系数可按桥规 JTG D62 附录 C 表 C. 0. 2 查得; r 为圆形截面的半径; g 为纵向钢筋所在圆周的半径 r_s 与圆截面半径 r 之比, $g = r_s / r$; ρ 为纵向钢筋配筋率, $\rho = A_s / \pi r^2$; N_d 为轴向力荷载效应不利组合设计值; e_0 为轴向力 N_d 的偏心距, 计算时要考虑偏心距增大系数 η 。

2 偏心距逼近法与轴向力逼近法

2.1 偏心距逼近法

由式(1)、式(2)解得轴向力的偏心距 e_0 , 考虑 η 后:

$$\eta e_0 = \eta \frac{B f_{cd} + D \rho g f_{sd}}{A f_{cd} + C \rho f_{sd}} r \quad (3)$$

偏心距逼近法是以计算偏心距(用式(3)计算)逼近实际偏心距 $\eta e'_0 = \eta M_d / N_d$ 确定 ξ 及系数 A 、 B 、

收稿日期: 2005-11-01

(6) 摊铺时, 摊铺机角落里部分混合料如果不能及时摊铺, 会因固化形成“死料”难以压实。因此, 应设专人负责翻动螺旋布料器与熨平板之间的混合料, 以防止产生“死料”; 若已产生“死料”, 则立即将其清除。

5 结语

(1) 大跨径钢桥面铺装设计, 必须充分重视对铺装所处环境、交通荷载及钢箱梁构造等使用条件的分析。

(2) 环氧沥青混合料配合比设计应在马歇尔试

验指标的基础上, 选用其他性能指标对混合料的级配及油石比进行微调, 确定最佳设计油石比。

(3) 认真分析环氧沥青混凝土特点, 加强施工组织管理, 精心组织、精心施工, 才能保证铺装施工实现设计意图, 确保工程质量。

参考文献:

- [1] 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装研究报告[R]. 2004.
- [2] 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装施工实施指导意见[Z]. 2004.