

钢筋混凝土桥面铺装设计和施工研究

陈瑞华¹, 罗志强²

(1. 广东省茂名市公路局, 广东 茂名 525000; 2. 广东工业大学 省建设学院, 广东 广州 510090)

摘要: 结合钢筋混凝土桥面铺装工程, 从桥面连续滑模铺装的必要性, 提出钢筋混凝土桥面滑模铺装的技术条件, 分析桥面铺装层加厚的恒载增大问题、预应力钢筋混凝土桥梁的反拱控制标准、桥面铺装方式、铺装层的混凝土强度要求和钢筋混凝土桥面铺装层的分缝原则, 具有工程意义和社会效益。

关键词: 钢筋混凝土; 桥面滑模铺装; 技术条件; 铺装特点; 强度; 分缝

中图分类号: U441

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2004)04-0061-05

随着我国加快高速公路建设速度, 水泥混凝土路面滑模机械摊铺技术的大量推广应用, 面临的特大、大、中和小桥、立交桥、通道、涵洞等钢筋混凝土桥(涵)面的机械化铺装问题, 迫切需要通过研究与工程实践加以解决。本文结合实际工程, 探讨钢筋混凝土桥面铺装设计与施工的一些问题。

1 桥面连续滑模铺装的必要性

我省高速公路沿线人口众多、村庄密集, 平均每公里高速公路大约设置 3 个以上的桥涵和通道。如果采用的滑模机械化施工仅能摊铺路面, 不能连续铺装钢筋混凝土桥面, 势必严重影响水泥混凝土路面的滑模机械施工速度, 使大型滑模机械的效益无法充分发挥, 同时降低了高速公路桥涵铺装混凝土的施工质量和整体平整度。

1999 年 3 月, 中央电视台焦点访谈报道的我省佛开高速公路所有的桥面铺装层, 仅使用 4 年就全线修整, 造成相当大的社会影响。分析其原因, 虽然水泥混凝土路面施工使用了滑模摊铺技术, 而桥面铺装却是人工施工, 当时推广滑模技术还不具备桥面铺装的设备和技术条件。因此, 为了保证高速公路水泥路面的整体平整度及使用耐久性, 技术上要求特大、大、中和小桥、立交桥、通道、涵洞的桥面铺装, 均与路面一样采用滑模摊铺机施工。通过机械化铺装, 提高铺装桥面所要求的面层钢筋混凝土的密实度、抗压强度、平整度、抗滑性和耐磨性, 并通过严格清洁, 钢筋网与桥梁上翼缘板锚固钢筋焊接, 增大铺装层的抗扭转能力、层间粘结、抗剪能力和整体性。当机动车辆高速行驶通过连续铺装的桥(涵)面时, 感觉不到是在通过桥涵, 既无跳车振动颠簸, 又无需要减速。

2 钢筋混凝土桥面滑模铺装的技术条件

2.1 连续桥面铺装对滑模摊铺机的要求

欲实现滑模摊铺机连续铺装桥面, 保证铺装桥面的施工机械设备是必备条件之一。由于桥

收稿日期: 2003-05-12

作者简介: 陈瑞华(1979), 男, 工程师, 主要研究方向为公路与桥梁工程设计、施工与管理。

梁上连接钢筋、吊环钢筋、钢筋网、胀缝、伸缩缝较多,都有可能阻挡滑模摊铺机侧模板的滑移.因此,滑模摊铺机上的侧向模板必须能适应桥面薄钢筋混凝土面层厚度的要求.特别是桥面横向完整连续钢筋网的阻隔,有时侧模可移动的高度仅 5 cm,必须是活动升降式侧模板,能够提升到与挤压底板齐平的零位置.如果有悬挂在机后的加长侧模板,也必须满足铺装桥面的厚度要求.

2.2 预留均匀的桥面铺装厚度

我国一些高速公路的桥面铺装,在很短的时间内出现破损,其原因主要是预留的纵横向铺装层厚度差异过大,纵向预留的预应力反拱过大.由于分车道行驶的高速公路和一级公路桥面与路面一样设计有 2% 的横坡,若在预制钢筋混凝土 T 梁和箱梁时,没有在翼缘板上形成横坡,则在梁横向翼缘板之间的湿接头处就有横向 2~ 4 cm 的台阶.在这种情况下,梁本身纵横向不平整,就损失了铺装厚度 2~ 4 cm.因此,桥梁的预制必须提出严格的纵横平整度要求:与路面基层一样,不大于 5 mm,最不利情况下不大于 1 cm.如果桥上梁顶高程相差在 1~ 3 cm 之间,必须抬高桥面铺装标高来保证铺装厚度,而且应在路面上 50~ 100 m 顺坡.如果超过 3 cm,则应重新加工和架设主梁.从施工控制出发,最小铺装厚度 20 cm 对保证实际桥面铺装质量具有很重要的工程价值.

2.3 预留滑模摊铺机行走位置

在施工过程中,尤其是中央隔离的高速公路和一级公路,要预留滑模摊铺机桥面铺装行走位置.必须注意:1) 不能令双车道大型滑模摊铺机的履带行进在中央隔离脱空位置,亦不得行进在主梁翼缘板的外边缘;2) 桥面铺装工程划分给滑模摊铺机施工路面时再实施,桥梁护栏必须待滑模摊铺桥面后再实施.否则,桥栏杆将阻挡滑模摊铺机履带,无行进摊铺位置.

2.4 验算滑模摊铺机铺装过桥面的承载能力和变形

对采用滑模摊铺桥面铺装层的桥梁,一般中小型滑模摊铺机均无问题,关键在于是否可以同时承受摊铺双车道的特大滑模摊铺机,必须进行桥梁承载能力验算.验算大吨位(8 m 宽度大型摊铺机总吨位 64 t)滑模摊铺机不间断连续铺装过桥时,单根 T 型或箱形梁翼缘板能否承受 64 t 的一半荷载.

在没有桥面铺装层时,验算梁的承载能力及挠度变形量.验算时,由于滑模摊铺机铺装速度仅 1 m/min,可不考虑冲击荷载,但它是移动荷载,要按影响线计算确定最不利荷载和最大挠度位置.如果荷载满足承载能力要求,应以梁的跨中最大挠度小于 3 mm 作为控制标准^[1].这是由于当滑模摊铺机铺装过桥时,如果梁的挠度大于 3 mm,铺装过后的桥梁卸载反弹,产生反拱.当反拱大于 3 mm,就不能满足桥面铺装的平整度 ≤ 3 mm 的技术要求.一般情况下,只有在桥梁跨径 ≥ 10 m 时,才会产生反向拱起问题,要求验算滑模摊铺机铺装过桥挠度变形,其它情况只要求验算桥梁承载能力.

2.5 铺设滑模摊铺机上桥行进轨迹

滑模铺装钢筋混凝土桥面时,桥面上铺装位置有钢筋网,非铺装位置有裸露锚固钢筋的混凝土梁翼缘板,桥面板的铺装厚度比路面薄,而桥头搭板的厚度比路面厚.所以,为便于滑模摊铺机通过桥面高坎,保护桥梁上翼缘板和锚固钢筋不被大型摊铺机的履带压坏,同时也保证桥面锚固钢筋不损坏摊铺机履带,便于滑模摊铺机作业通过桥涵铺装层,都必须在桥面梁上和上下桥高坎履带行走部位提前 2~ 3 d 铺设临时混凝土轨迹.否则,滑模摊铺机即使空载通过桥面梁也会有压坏翼缘板的危险,更不用讲摊铺通过.

摊铺桥面时,履带行走部位应采用预铺混凝土或木板铺垫,防止破坏锚固钢筋或挂坏履带.

滑模摊铺机行走的搭板上桥的台阶处,应预先铺设平顺缓坡度(3%)的混凝土,宽度不小于30 cm,长度按台阶高度和坡度计算确定。不允许滑模摊铺机直接行驶在桥梁翼缘板上,此时如果钢履带下、翼缘上有石子或钢筋,就有局部压穿桥梁翼缘板的可能。此外,桥面铺装布料机械提前到位。

2.6 施工组织

桥面铺装的施工组织必须注意:1)将桥面铺装从桥梁施工队伍中分离出来,留给滑模摊铺机专门铺装;2)整体一层铺装,则实施到梁间湿接头浇筑完毕为此;双层铺装,则应做完防水找平层;3)不应在履带行走部位未做桥面铺装层前,制作桥栏杆及其基座,以防桥栏杆阻碍滑模摊铺机铺装桥面的施工。

3 桥面铺装层加厚的恒载增大问题

钢筋混凝土桥面铺装厚度在仅考虑疲劳荷载的条件下,应至少为16~24 cm。如果同时考虑每天的温度和季节性干缩湿度疲劳应力,桥面钢筋混凝土铺装层厚度最薄应不小于20 cm。

钢筋混凝土铺装层厚度最薄增至20 cm,桥梁结构计算静载是否能够承受?从原有的桥面铺装平均10 cm增大到20 cm,带来的恒载增大值为 $q = 2.5 \times 0.1 = 0.25 \text{ t/m}^2$;如果原先设计铺装厚度15 cm,恒载增大值为 $q = 2.5 \times 0.05 = 0.125 \text{ t/m}^2$ 。在主梁配筋上就考虑恒载加大的影响,适当加大配筋,一般钢筋混凝土桥梁均没有问题。大和特大跨度的桥梁需要对增大铺装厚度带来的影响进行专门分析研究。

4 预应力钢筋混凝土桥梁的反拱控制标准

目前,关于桥梁预应力钢筋混凝土的预留反拱,尚没有控制标准。从工程实践可知,桥面铺装后反拱偏小,桥墩之间表现为下悬链线;或反拱偏大,桥墩之间表现为上悬链线,均对桥梁的使用和高速行车平整度带来不利影响。正确的预留预应力钢筋混凝土桥梁的反拱控制原则,应当是桥面铺装完毕后,桥面在没有车辆荷载时应满足桥梁设计规范规定的予拱度值。

5 桥面铺装方式

我国钢筋混凝土桥面铺装层的结构设计大致有下述三种特点。

5.1 组合梁板单层铺装

对无翼缘、主梁与桥面铺装分体施工的梁板组合结构,结构本身无可厚非,但从桥面铺装施工难度和今后高速公路使用100年中铺装层的定期翻修考虑,这种梁板组合结构必须分3次施工,即架梁、安装板、单层铺装桥面。

5.2 防水找平层和表面层的双层铺装

桥面铺装分两层:1)用三辊轴机具铺装防水找平层;2)配一层钢筋网,用滑模铺装钢筋水泥混凝土上层或铺装沥青表层。对铺装沥青面层的桥面,防水找平层是必不可少的。

从桥面铺装工程实践和分析可知,普遍存在的问题是掺某些防水剂的防水找平层水泥混凝土标号过低。当桥梁在荷载作用下产生挠度时,首先压碎的是低标号的防水找平层水泥混凝土,结果无论沥青还是水泥混凝土桥面,都是由于防水找平层破坏而导致桥面过早破坏。这种破坏现象在沥青铺装桥面反映最快和最明显,一旦中间软弱夹层开裂,立刻导致沥青面层反射裂缝破坏,从破坏坑穴可以看到已经破碎的防水找平层或直接暴露的翼缘板。因此,所有桥面的防水

找平层混凝土应满足铺装层混凝土强度的要求,不得低于 C35~ C40 级. 必须知道高标号的混凝土本身就是抗渗性优良的混凝土.

5.3 整体单层铺装

钢筋混凝土桥面的铺装, 无论单层或双层钢筋网, 均可采用整体一次滑模摊铺方式. 双层钢筋网的上层钢筋以防裂为主, 直径 8~ 12 mm, 间距 10~ 15 mm; 下层以增强抗扭为主, 直径 10~ 16 mm, 横向直径大于纵向, 间距 15~ 20 mm. 无论一层或双层铺装, 均应解决各层间的钢筋锚固: 双层钢筋网上下层焊接, 下(单)层与桥梁上翼缘板混凝土锚固.

6 铺装层的混凝土强度要求

在车辆荷载作用下, 粘结牢固的桥面钢筋混凝土铺装层会与主梁一起, 同时产生弹性变形, 其挠度值比有路基和基层的路面大得多. 具体挠度数值和最大挠度发生位置将随主梁采用连续刚构或简支等不同结构形式而变化. 从钢筋混凝土桥梁的计算模式考虑, 桥面铺装层是加厚的钢筋混凝土梁的上翼缘板. 因此, 其不再以抗折强度为控制指标, 而以抗压强度、抗扭强度、抗拉(抗裂)强度和疲劳强度为设计计算依据, 首先涉及到混凝土抗压强度^[2].

从目前大量低标号 C25~ C30 的混凝土桥面铺装的提前破坏分析可知, 要求桥面铺装层增加抵抗弯曲正应力、剪切应力、扭转应力和疲劳应力, 有必要将桥面混凝土的标号提高到 C40 级, 最低不得低于主梁翼缘板的设计混凝土标号 C35 级. C35~ C40 级混凝土的抗渗标号可达到 S10~ S12, 要求不低于 S10, 渗透系数 $K \leq 1.5 \times 10^{-9}$ cm/s, 10 m 水头不会透水, 才能够满足抗压强度和渗透性双重要求. 对于掺减水剂、引气剂和保塑剂并且实施计算机控制搅拌 C35~ C40 混凝土, 没有问题. 若不使用外加剂, 使用自落式滚筒小型搅拌机生产路面混凝土, 不仅达不到混凝土高标号, 而且混凝土匀质性有严重问题. 由于其加水量和水灰比失控, 使用三辊轴机具铺装时, 混凝土稀稠不均匀且离析严重, 难以抵抗高速公路混凝土桥面遭受到的重载冲击. 因此, 必须规定桥面混凝土应使用计算机控制搅拌, 必须使用适宜的外加剂, 不得使用自落式滚筒小型搅拌机, 严禁人工拌和.

7 钢筋混凝土桥面铺装的分缝原则

钢筋混凝土桥面铺装的单层或双层钢筋网必须整体连续, 按连续钢筋混凝土路面设计理论是可以在一定限度内不留接缝. 但是, 桥面的应力和支撑状态不同于路面, 桥面铺装层在下述情况必须预留接缝.

7.1 负弯矩和梁接头处必须设置接缝

工程实践可知, 桥墩支座、简支梁端、刚构接头和负弯矩部位必须设置接缝. 除了设置桥梁伸缩缝外, 应设置横向缩缝并切缝灌缝. 对接头和负弯矩设置缩缝部位, 应设计直径 20 mm、间距 30 cm、长度 140 cm 并且中间带塑料管的螺纹加强缩缝钢筋, 施工方法与路面相同, 采用硬切缝, 但切缝深度不得大于单层钢筋网的安装位置.

7.2 伸缩缝的设置

对于桥面伸缩缝, 应按桥梁结构的位置不设置钢筋网. 在滑模摊铺机施工后, 修整伸缩缝旁的混凝土, 准确安装伸缩缝钢结构, 将伸缩缝钢结构与钢筋网相焊接, 再用 C40 级钢纤维混凝土填充补平. 其钢纤维用量一般为 80~ 100 kg/m³.

7.3 按温差和干缩应力预留缩缝

工程实践证明, 完全按连续钢筋网混凝土路面设计理论, 连续钢筋网混凝土桥面铺装层不设置纵横接缝是不符合工程实际的. 由于桥面铺装层的温差应力和干缩应力客观存在, 几十米的桥面不设接缝则会因温度和湿度而断开. 因此, 其原则是尽可能少设置各种接缝, 但必须按桥面上的温差应力和干缩应力状况设置必要的接缝. 否则, 任桥面自由开裂, 对桥面的防水和使用是很不利的.

通过钢筋混凝土桥面铺装实践表明: 纵缝可按滑模摊铺机的摊铺宽度, 在最大 9 m 内不设置纵缝, 超过 9m 应设置纵缝; 横向缩缝可以按 10~ 15 m 设置. 然而, 必须注意: 1) 纵缝设置应避免桥梁翼缘板上的湿接头; 2) 横向接缝应在负弯矩部位加强设计和施工. 这样就可以将桥面接缝自由开裂变为可控制的接缝, 便于预先填灌接缝, 控制接缝渗水, 保护钢筋混凝土桥面不受因渗透水带来的侵蚀、冻融、钢筋锈蚀、碱集料反应和各种化学侵蚀等耐久性破坏.

8 结束语

通过钢筋混凝土桥面铺装研究和工程实践表明: 1) 实现水泥混凝土桥面的连续铺装的设备条件, 是滑模摊铺机的侧模板必须是可伸缩到顶的活动模板; 2) 实现水泥混凝土桥面的连续铺装的技术条件, 是设计和施工上要满足桥面铺装的结构要求, 采用合适的布料方式满足单、双层钢筋网准确定位的要求; 3) 要使高速公路上的钢筋混凝土桥面铺装不出现早期过快破损, 应当从理论上研究分析钢筋混凝土桥面的应力状态. 在正确的理论指导下进行桥面铺装, 才能够保证铺装的钢筋混凝土桥面满足设计和使用要求.

参考文献:

- [1] JTJ T037. 1-2000. 公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [2] 罗志强, 黄凤巢. 钢纤维混凝土桥面新技术[J]. 上海, 中国市政工程, 1998, (2): 27-30.

Study for Bridge Deck Surfacing Design and Construction of Steel Reinforcement Concrete

CHEN Rui-hua¹, LUO Zhi-qiang²

(1. Maoming City Highway Bureau of Guangdong Province, Maoming 525000, China;

2. Faculty of Construction, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: According to steel reinforcement concrete bridge deck surfacing engineering, and from the necessity of continuous surfacing for bridge deck, the technical conditions of steel reinforcement concrete bridge deck surfacing sented are presented, and the increasing questions of dead loads for the additional depth of surfacing course in bridge deck, the reverse arch questions of prestressing steel reinforcement concrete bridge, the surfacing styles of bridge deck, the concrete strength requirements of surfacing course and divided joint principles of steel reinforcement concrete bridge deck surfacing are analyzed, which have project meanings and social profits.

Key words: steel reinforcement concrete ; bridge deck slip-form surfacing; technical condition; surfacing feature; strength; divided joint