

预应力混凝土箱梁三项创新施工技术的研究

周雄凯

武汉光谷建设投资有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7565

[摘要] 随着现代化城市建设的步伐加快,高架桥梁的运用越发广泛,对其关键施工技术进行深入的研究是当务之急且具有深远意义。由于桥梁工程施工难点较多,例如预应力混凝土箱梁弧形边腹板、横梁锚槽封锚、人孔封模三项核心技术难题,本文依据武汉市某高架桥梁工程来深入研究专项关键技术并进行创新实践,总结归纳出混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架的BWPC竹塑板施工技术、预埋管UPVC下料箱梁横梁锚槽无缝封锚施工技术以及混凝土箱梁人孔封模系统施工技术,同时详细阐述了设计方案与关键施工技术,为类似桥梁工程的设计及施工提供一定的参考价值。

[关键词] 弧形边腹板;仿形支架;预埋管;横梁封锚;人孔封模

Research on three innovative construction techniques of prestressed concrete box girder

Zhou Xiongkai

Wuhan Optical Valley Construction and Investment Co., LTD.

[Abstract] With the acceleration of the pace of modern city construction, the use of elevated bridge is more and more extensive, it is urgent and has far-reaching significance to conduct the in-depth research of its key construction technology. Because bridge engineering construction difficulties, such as prestressed concrete box girder curved edge web, beam anchor anchor, this paper based on the special key technology and innovation practice, summarizes the construction technology of BWPC bamboo curved edge web with imitation support, embedded pipe UPVC and concrete box girder man hole sealing system construction technology, and elaborated the design scheme and key construction technology, to provide certain reference value for the design and construction of similar bridge engineering.

[Key words] curved side web; imitation support; embedded pipe; beam anchor; manhole mold

1 现状施工技术背景

(1) 混凝土桥梁弧形边腹板施工技术背景

桥梁箱梁边腹板通常被设计成弧形,这就使得弧形混凝土结构的设计变得复杂,尤其是曲线造型众多,同时还具有宽度狭窄、长度较长的特点,使得对阴阳角的平直度以及圆滑度的掌控较为困难。在施工过程中,如何确保混凝土结构曲面的流畅性以及外观质量的优良,是一项极具挑战性的任务。

通常情况下,为了确保施工过程中拼缝线条的整齐、美观,我们会选择使用异型大钢模板,然而,钢模板本身存在的问题却给施工质量带来了难以逾越的障碍,例如异型大钢模板的沉重、施工成本的高昂以及表面的锈迹等问题。

(2) 箱梁横梁锚槽封锚施工技术背景

当桥面宽度较大时,需要在横梁处设计横向预应力。横梁预应力张拉完成后,锚槽封锚质量一直是施工过程中亟待解决的一个难题。传统的横梁锚槽封锚方法是先支模板,然后通过溜槽从模板外侧开孔处向锚槽内灌注混凝土。这种方法由于振捣操作难度较大,很容易导致槽内混凝土不密实,从而产生混凝土表面出现蜂窝、麻面等质量问题。即使在施工过程中采取

了小型振捣棒、内外振捣结合等措施,但实际效果往往难以达到预期。

(3) 箱梁人孔封模施工技术背景

箱梁混凝土浇筑前会预先预留孔洞,以便于后续工人的进出,完成箱梁内部支架、模板的拆除以及预应力张拉等施工,最后才能够进行人孔封闭施工。传统的人孔封模方法需要在箱室内搭设架体后再安装模板,然而模板与箱梁顶板底面之间的缝隙较大且难以消除,在浇筑混凝土振捣时容易出现混凝土渗漏、不密实现象,并且可能导致支架永久留在箱室内。

2 工程简介及设计方案

武汉市某主线桥梁工程共计十一联箱梁,其中七联预应力混凝土箱梁,四联钢箱梁,标准段的宽度为26米。预应力混凝土箱梁横截面采用单箱三室,箱梁顶板的宽度为25.8米,顶板两侧的翼缘悬臂长度为3.9米,顶板厚度为0.25米,箱梁底板宽度为16.6米,厚度为0.24米,腹板的厚度在0.6-1.0米之间。箱梁端横梁厚度在1.5-2.0米之间,中横梁厚度在2.0-2.8米之间。

(1) 混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架的BWPC竹塑板设计仿形支架作为整个系统的关键组成部分,其设计不仅影响

着混凝土的成型面尺寸及精度，同时也与工程的安全性以及整个系统的稳定性紧密相连。仿形支架的设计需确保支架整体刚度，同时便于脚手架钢管对支架进行整体加固，在满足施工需求的基础上，为系统的整体稳定性提供可靠的支撑，尽可能减轻仿形支架的重量，从而降低施工成本的投入。

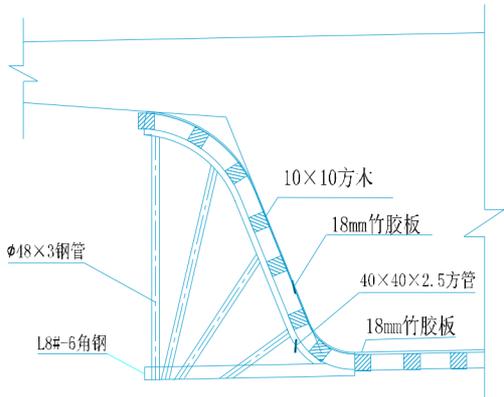


图1 混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架的BWPC竹塑板设计图

(2) 预埋UPVC下料管箱梁横梁锚槽无缝封锚设计

该设计主要由侧模板、拉杆、下料管等部件组成。在箱梁混凝土浇筑之前，需在梁端侧面预埋拉杆，并在边腹板锚槽顶部预埋垂直UPVC下料管；利用预埋拉杆固定锚槽侧模板，通过预埋UPVC下料管，在梁顶进行下料浇筑箱梁横梁锚槽混凝土。此设计采用漏斗垂直灌注，无泄漏点，有效避免了混凝土的浪费，且浇筑的封锚混凝土密实度高，外观光滑平整，内实外美。

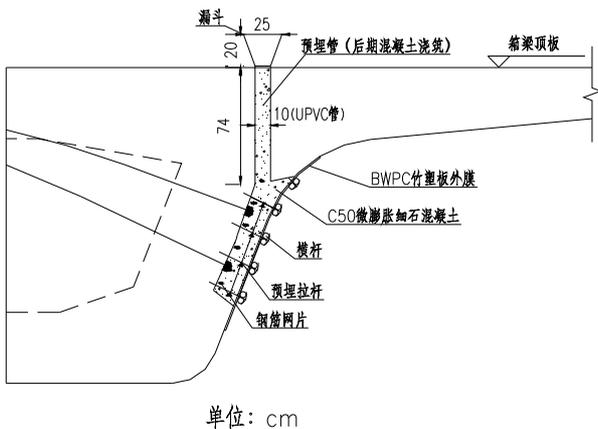


图2 预埋UPVC下料管箱梁横梁锚槽无缝封锚设计图

(3) 混凝土箱梁人孔封模设计

该设计结构简洁，装拆便捷。此外，该系统具备足够的强度、刚度和稳定性，能够消除模板与箱梁顶板底面之间的缝隙，确保混凝土浇注过程中不出现漏浆现象。

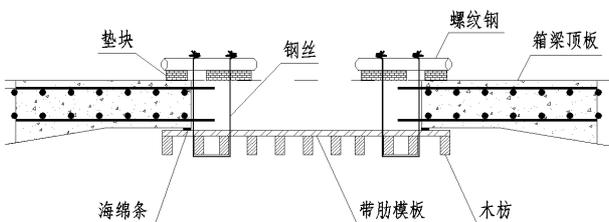


图3 混凝土箱梁人孔封模系统设计断面图

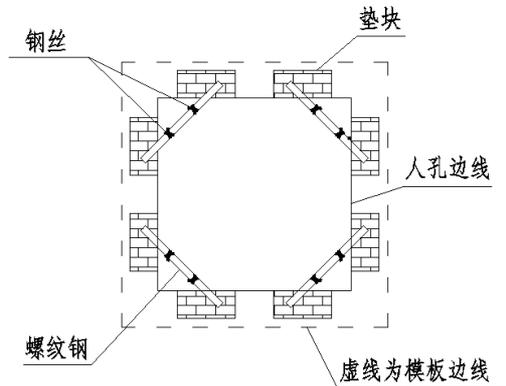


图4 人孔封模系统平面图

3 关键施工技术

3.1 混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架的BWPC竹塑板关键施工技术

混凝土桥梁弧形边腹板仿形支架弧线段采用40×40×2.5方管，支撑采用φ48×3钢管，底座采用8#槽钢，以30~40cm为间距，沿纵桥向放置10×10木方。最后在木方上满铺0.8cm厚竹塑板。

混凝土内凹段弧线段半径(R=80)应大于支架弧线段半径(R=70)；混凝土外凸段弧线段半径(R=30)应小于支架弧线段半径(R=40)。

仿形支架弧线段的起点与终点处与1.5cm竹胶板顺接，以保证混凝土的平整度。

(1) 仿形支架的加工制作

型钢采用砂轮切割机按设计图纸下料，方管下料时应考虑弯曲调整值，约3~5cm，钢管下料应考虑切口角度，下料完成后对切口处毛茬进行打磨处理。方管的弯曲成型采用W24S-180型型材弯曲机，由于两弧线段曲率不同，需要分两次成型，每次弯曲时调整为相应的滚轮中心距。

(2) 仿形支架安装固定

仿形支架的固定方法主要有两种。当工字钢沿纵桥向时，先用钢管把弧形支架连成整体，再用带弯钩钢筋把弧形支架与满堂支架横杆连接，连接处点焊。

当工字钢沿横桥向时，先将钢管把弧形支架连成整体，再分别将仿形支架与槽钢焊接。

当工字钢沿横桥向时，也可先将钢管把弧形支架连成整体，再用两个U形箍将仿形支架与槽钢固定。

(3) 木方与竹塑板的安装固定

首先将木方固定在方管上方的钢筋上再用铁丝进行绑扎，最后用铁钉将竹塑板固定于木方上。相邻竹塑板表面高差、竹塑板间拼缝均控制在2mm以内。竹塑板间的拼缝用双面泡沫胶带塞填，确保无缝隙。

3.2 预埋管UPVC下料管箱梁横梁锚槽无缝封锚关键施工技术

(1) 混凝土的凿毛

待压浆工作完毕且浆体凝固，经检查无漏浆的管道后，方可进行混凝土凿毛作业；梁端锚穴处凿毛处理时，应确保凿毛均匀充分，露出新鲜混凝土面，凿毛深度控制在5-10mm，宽度不小于20mm，间距不大于5mm，但锚穴外沿5~10mm范围不得凿毛，以免破坏梁端面；凿毛完成后，锚穴需清理干净，封锚前用水清洗润湿。

(2) 封锚钢筋的安装

封锚钢筋按要求加工绑扎，尺寸准确，以便放入锚穴中；凿毛、清理工作结束后，在锚具的四周及钢绞线上涂以聚氨酯

防水涂料进行防水处理。使用此涂料将锚具的全部外露面积范围内均匀足量地涂刷一次。

(3) 封锚模板的安装

锚槽封锚模板是整套系统的关键技术,直接决定着成型混凝土质量的好坏。该模板的安装无需大型机械设备的协助,且后续混凝土的浇筑操作简便,从而整体提升了锚槽封锚的质量。

在锚槽正上方预埋,100UPVC管作为混凝土灌注孔,沿横梁纵向间距50cm,主梁混凝土浇筑完毕后检查灌注孔是否通畅;为保证外模的稳定性,固定模板所用的预埋拉杆采用 $\Phi 12$ 全丝拉杆,纵横向间距分别为20cm、40cm,横杆采用双 $\Phi 48 \times 3$ 钢管,纵向间距20cm;外膜采用8mmBWPC竹塑板,周边采用双面泡沫胶密封,防止因漏浆造成蜂窝麻面现象。

(4) 浇筑C50微膨胀混凝土

封锚混凝土采用C50微膨胀细石混凝土,封锚混凝土坍落度为180~220mm。封锚混凝土应填充密实,并用振捣棒捣固密实,不得出现空洞、不饱满现象,如塑性变形造成其与原混凝土之间有缝隙的现象,必须在混凝土未凝固前重新捣固与原混凝土之间达到密实状态。封锚混凝土表面应平整光滑,与梁体颜色基本一致,封锚混凝土要加强捣固,要求混凝土密实,无蜂窝麻面。振捣棒直接从预埋管插入混凝土中,持续10s左右,每层浇筑厚度不超过30cm,避免直接振捣模板,以防振破。直至混凝土面与桥梁顶板平齐且不再下降。

3.3 混凝土箱梁人孔封模关键施工技术

(1) 人孔模板制作

首先在梁箱人孔正下方摆放带肋模板,模板为15mm厚普通木模板。然后采用10cm \times 5cm木枋作为带肋模板的背肋。带肋模板边尺寸均比梁箱人孔各边尺寸长30cm,并沿梁箱人孔在带肋模板上的四条投影边线粘贴4cm宽的海绵条,然后在带肋模板四个角分别用一根铁丝穿过带肋模板,绕过背后的木枋后再穿出带肋模板,在带肋模板角形成两个吊点,再将铁丝引出箱梁的箱室,通过四根铁丝将带肋模板吊起,确保带肋模板上的四条海绵条与箱梁人孔四边对齐。

(2) 人孔模板固定

在箱梁顶板人孔四个角分别跨角设置四根螺纹钢,在每根螺纹钢的两端垫设砖块,将带肋模板四个角的铁丝分别系于四根螺纹钢上并拧紧扎牢,保证带肋模板面与箱梁顶板底面紧贴无缝隙,完成人孔封模封闭。

(3) 人孔钢筋恢复

按照设计图纸要求,将人孔处的预留钢筋焊接恢复,焊接长度和接头错开距离满足规范要求,并清理焊接焊渣。

(4) 人孔混凝土浇筑

采用C50微膨胀混凝土浇筑人孔,混凝土采用人工低空倾倒,并用30型振捣棒将混凝土振捣密实,在振捣过程尽量避免振捣棒触碰模板。混凝土浇筑完毕后,完成表面收光,用塑料薄膜覆盖,并在人孔四周设置警示标志,避免人员踩踏。

(5) 现场清理

混凝土浇筑完成72小时后,拆除螺纹钢上绑扎的铁丝,清理人孔四周砖块及其他杂物。

4 技术创新亮点

4.1 混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架的BWPC竹塑板施工技术

(1) 通过对仿形支架体系的应力分析和优化设计,避免了大量钢材模板的使用,节省了原材料,保证了结构的安全性。

(2) 在保证结构安全稳定的条件下,仿形支架安装固定

方式简单易行。当工字钢沿纵桥向时,先用钢管把弧形支架连成整体,再用带弯钩钢筋把弧形支架与满堂支架横杆连接,连接处点焊。当工字钢沿横桥向时,先用钢管把弧形支架连成整体,再分别把仿形支架与槽钢焊接,也可先用钢管把弧形支架连成整体,再用两个U形箍把仿形支架与槽钢固定。

4.2 预埋管UPVC下料箱梁横梁锚槽无缝封锚施工技术

(1) 采用横梁梁端侧面预埋 $\Phi 12$ 拉杆配合普通双拼钢管进行横梁锚头模板支护,无需在侧向模板上单独开设浇筑孔。

(2) 在横梁梁端锚头处顶板竖向预留混凝土浇筑孔,在浇筑孔处运用漏斗进行垂直灌注,达到无痕封锚的效果。

(3) 在顶板预留竖向管振捣孔进行封锚混凝土振捣,无需在侧向模板处进行敲打振捣。

4.3 混凝土箱梁人孔封模施工技术

(1) 箱梁人孔封模施工技术采用吊模的形式进行浇筑人孔处的混凝土,避免了支架永久留在箱室内。

(2) 箱梁人孔封模施工技术模板牢固可靠,避免该处出现沉降裂缝,提高了箱梁人孔处的施工质量。同时,减少了混凝土的渗漏量,节约了混凝土。

5 结语

混凝土桥梁弧形边腹板带仿形支架BWPC竹塑板将竹塑板的强度高、柔韧性好的优点与仿形支架整体稳定性好的优点完美结合,无需大型机械设备,符合施工工人的操作习惯,施工便捷,能同时大面积展开作业,相比传统方式,施工速度显著提升达到一倍以上,且造价低于传统钢模板,施工便利,支拆迅速。成品混凝土外观质量自然光滑、曲线优美,表面光洁度达到清水混凝土的效果。

预埋管下料横梁封锚在箱梁顶板预埋UPVC下料管,为侧面锚槽预留垂直混凝土浇筑通道。预埋管UPVC下料箱梁横梁锚槽无缝封锚施工技术革新了传统混凝土箱梁侧面锚槽从侧面封锚的惯用施工方法,创造性的从箱梁顶板垂直浇筑箱梁侧面锚槽混凝土,并改进了侧面模板安装方法,提高混凝土振捣施工的可操作性,在施工过程中避免的振捣棒与模板大面积接触,减少了噪声,同时浇筑完成后的实体混凝土密实,外观光滑平整,提升了桥梁的整体美观度。

混凝土箱梁人孔封模施工技术采用吊模的形式进行浇筑人孔处的混凝土,改变了传统的人孔封模需要在箱室内搭设架体后再安装模板的方式,解决了混凝土箱梁人孔封闭不密实的问题,有效地避免了箱梁人孔处漏水、强度低导致后期路面出现裂纹等问题,提高了箱梁人孔处的施工质量,同时有效地节约混凝土和支架杆件,避免了将支模架体作为建筑垃圾永久留在箱室内,遵循了绿色施工的原则。

上述的预应力混凝土箱梁三项创新施工技术已经在武汉市多个桥梁工程中得到了成功应用,并取得了显著的工程施工效果。桥梁工程的建造流程复杂繁琐,新的技术问题层出不穷,未来仍有许多深入研究的空间,我们需要在实际应用中持续探索、实践和创新。

[参考文献]

[1]公路桥涵施工技术规范:JTG/T3650-2020[S].北京:人民交通出版社,2020.

[2]中建三局第二建设工程有限责任公司.一种预应力混凝土箱梁横梁锚槽封锚的施工方法[P].中国专利:CN20141055783.2015-04-01.

[3]中建三局第二建设工程有限责任公司.一种混凝土箱梁人孔封模系统[P].中国专利:CN201520483575.3.2015-11-11.