

高速公路预制梁施工工艺与质量管控研究

杨洋

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要] 预制梁属于高速公路桥梁建设里极为常见的一种构件, 其施工质量的好坏会直接对整个桥梁结构的安全性、使用寿命以及运营性能产生影响。伴随交通基础设施持续不断地进行升级, 桥梁结构呈现出大型化、复杂化的趋势, 这便对预制梁施工的精度以及质量提出了更高的要求。传统施工方法当中存在着模板出现变形、钢筋绑扎存在误差、预应力有所损失以及混凝土质量不够稳定等诸多问题, 这些问题严重地对工程质量的提升形成了制约。文中全面且细致地对预制梁施工工艺的各个关键环节展开研究, 并且还提出了较为科学的质量控制举措, 希望能够给高速公路桥梁建设质量的提升给予有效的技术方面的支撑。

[关键词] 高速公路; 预制梁; BIM 技术

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16621

中图分类号: U445.47

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Quality Control of Prefabricated Beams on Highways

YANG Yang

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: Prefabricated beams are a very common component in highway bridge construction, and their construction quality directly affects the safety, service life, and operational performance of the entire bridge structure. With the continuous upgrading of transportation infrastructure, bridge structures are showing a trend towards large-scale and complex construction, which puts higher demands on the accuracy and quality of prefabricated beam construction. There are many problems in traditional construction methods, such as template deformation, errors in steel reinforcement binding, loss of prestress, and unstable concrete quality, which seriously restrict the improvement of engineering quality. The article comprehensively and meticulously studies the key links of prefabricated beam construction technology, and also proposes more scientific quality control measures, hoping to provide effective technical support for the improvement of highway bridge construction quality.

Keywords: highway; prefabricated beams; BIM technology

1 高速公路预制梁施工工艺要点

1.1 模板制作与安装

预制梁施工中, 模板的精确制作直接影响预制梁的外观质量和结构性能。为了达到这一目标, 模板制作过程必须严格控制, 使用高精度的测量工具如全站仪、激光测距仪等对模板的尺寸进行反复校验, 确保其符合设计要求。在材料选择方面, 应根据工程需求和经济因素选用高质量的木材或钢材制作模板。木材模板具有质轻、易加工、成本相对较低的特点, 但其耐久性和刚度相对较差; 钢模板虽然制作成本较高, 但具有高强度、高刚度、高精度和可重复使用的优势, 特别适用于大批量、标准化的预制梁生产。无论选用何种材料, 都要确保模板具有足够的刚度和稳定性, 防止在浇筑混凝土时发生变形或位移。安装前, 应对模板的垂直度、水平度和平整度进行仔细检查, 确保其符合规范要求。在安装过程中, 要特别注意模板各部件之间的紧密贴合, 避免出现缝隙或错位。

1.2 钢筋骨架绑扎

钢筋骨架在梁体当中属于受力主构件, 其绑扎的质量对于结构性能的稳定有着决定性的影响。在施工的过程当

中, 务必要依据设计图纸以及施工规范来严格地开展钢筋下料以及绑扎方面的操作, 要保证钢筋的位置是准确无误的, 间距也是均匀分布的, 切忌出现歪斜或者移位这类的情况。针对那些重要的连接部位, 应当采取焊接或者是机械连接的方式, 以此来确保节点能够可靠稳固。钢筋保护层的厚度需要借助垫块来进行把控, 以防混凝土当中的钢筋出现暴露或者锈蚀的状况。施工人员都得经过专业的培训, 得具备一定程度的识图能力以及施工能力, 在项目现场还需要配备钢筋检测尺以及智能检测装置, 对骨架的位置、间距还有保护层展开全程的跟踪检测, 从而达成对钢筋工程的精细化管理目标。

1.3 张拉和注浆

预应力张拉工序在确保梁体结构性能方面属于极为关键的环节, 所以务必要依照设计所规定的张拉力值以及控制张拉的顺序来严格加以操作。张拉设备需经过校验并且合格之后方可使用, 在整个张拉过程中, 张拉力和伸长值应当同步予以记录, 并且要将二者拿来相互比对, 以此确保实际所实施的张拉值能够切实符合设计方面的相关要求。当张拉作业完成之后, 紧接着就要开展压浆工作,

浆体需要具备比较好的流动性以及稳定性,在进行注浆的时候,要保证整个过程是连续不断的,切忌出现空洞或者不密实等不良情况。在施工期间,可以考虑引入智能张拉系统以及注浆监测装置,通过这些手段来达成数据的自动采集以及反馈,进而促使施工的精度以及效率得以提升。

1.4 混凝土浇筑与养护

混凝土浇筑需挑选合理的配合比,保障其具备出色的工作性、泌水性以及早期强度,在施工之前应当做好试验配比,借助现场试拌来把控混凝土拌合的均匀性^[1]。于浇筑进程当中运用分层振捣的方式,保证混凝土能够紧密结实并且没有蜂窝麻面的情况出现。所选用的振捣设备应当是频率与功率都较为合适的插入式振捣器,防止出现过振或者漏振等状况致使混凝土结构产生缺陷。混凝土初凝之后要立刻开展覆盖以及洒水养护相关工作,维持其表面处于湿润的状态,避免水分蒸发速度过快而引发早期收缩开裂的现象发生。

1.5 预制梁拆模与运输

拆模时机得依照混凝土强度的实际发展状况来动态地予以评估,一般而言,要在混凝土所达到的强度超过设计强度的 70% 之后才能够开展拆模工作。拆模操作应当从那些相对次要的部位着手开始,慢慢地逐级进行卸载,如此才能避免因应力过度集中而致使梁体出现破损的情况发生。拆模完成之后,对于梁体要实施外观以及结构质量方面的验收工作,只有验收合格之后才能够进入到运输的相关环节当中。在运输的过程里面,应当采用专用的支撑装置以及固定夹具,通过这样的方式来尽可能地减少振动以及冲击,进而防止梁体出现裂缝或者掉角等不良状况。

2 高速公路预制梁施工工艺质量管控常见问题

2.1 模板变形与接缝漏浆问题

施工期间要是采用木模板,因其长期处于受潮状态或者被反复使用,模板刚度会出现下降情况,如此一来,在混凝土浇筑进程当中,极有可能会引发变形状况。并且,模板接缝要是不够严密,那么就会致使漏浆情况出现,进而对梁体的表现质量以及边角的密实性都产生影响。再者说,模板支撑系统的稳定性有所欠缺,并且拼装存在较大误差,这同样会造成模板发生位移或者出现局部胀模的情况,使得变形以及漏浆的问题变得更加严重,情况严重的时候,甚至会对结构断面尺寸的准确性带来影响。

2.2 钢筋间距偏差与保护层厚度不足

施工现场缺少钢筋间距检测设备这一情况,同样是致使问题出现的缘由之一。有一部分作业人员在施工过程中存在着绑扎操作不够规范以及搭接长度不符合规定等状况,这使得钢筋的整体定位出现了偏移的情况,进而对构件的受力性能以及耐久性都产生了影响,同时也增加了后期维修的风险。

2.3 预应力张拉应力损失与注浆密实度缺陷

张拉设备出现标定不准确的情况或者在操作过程中

出现失误,这会使得应力损失变得过大的情况发生,如此一来便会对结构的承载力产生影响,另外灌浆要是不够密实的话,那么就有可能导致钢绞线出现锈蚀的现象,甚至是直接失效掉。在施工现场,要是不能够准确地掌握张拉力以及张拉的顺序,那么同样也可能致使梁体的应力分布变得不均匀起来,进而影响到结构的整体性能表现。与此注浆孔发生堵塞状况、浆液的流动不够顺畅又或者是浆体材料不符合相关规范要求等情况,这些也都属于密实度缺陷十分重要的诱发因素,最终会使得构件的耐久性有所降低。

2.4 混凝土裂缝与强度不均匀现象

部分工地在模板拆除之后,存在着混凝土养护不到位的情况,使得混凝土表面出现了干裂的现象。要是混凝土浇筑的时间间隔过长,或者施工缝处理得不够妥当,那么就容易出现冷缝,进而对整体结构的连续性以及力学性能产生影响。

2.5 拆模过早导致棱角破损及运输损伤

运输环节当中,若支撑不够到位或者固定得不够牢固,那么同样有可能出现诸如裂缝、掉块之类的诸多问题。有一部分施工单位在施工的时候,往往会对运输过程当中的振动控制以及相应的防护措施有所忽视,如此一来,预制梁在经历长距离的搬运以及吊装这样一系列的操作过程之中,就极有可能会遭受机械方面的损伤。除此之外,要是搬运工具的选型不太恰当,又或者是起吊点的设置不够合理等情况出现的话,那么也是完全有可能引发应力集中这一状况的,进而致使结构出现细微的裂纹,甚至还会出现开裂这样的严重现象。

3 高速公路预制梁施工工艺质量管控优化策略

3.1 基于 BIM 的模板设计与安装精度提升

在预制梁的施工环节当中,模板结构充当着混凝土成型的直接承载之物,其设计所具备的精度以及安装时的质量状况,对于成品梁的几何尺寸、表面质量还有结构性能等方面,会产生颇为关键的影响作用。凭借 BIM 技术来开展的模板设计工作,则可以达成三维构件模型同钢筋、预埋件之间的协同设计目的,借助其碰撞检测功能,能够有效地对结构设计当中的冲突之处以及不合理的方予以识别,从而提前着手去优化调整相关的方案,以此减少施工过程中断以及修改方面存在的风险^[2]。BIM 模型还能够和测量机器人或者全站仪系统实现集成,进而达成虚拟模型和实景坐标之间精准的对接效果。施工人员可以凭借激光定位技术,把模板模型投射到实际的场地之上,如此一来便能够精准地确定模板安装的具体位置,减少以往传统人工测量所造成的各种误差情况。

3.2 钢筋绑扎标准化流程与智能检测技术应用

钢筋在预制梁里属于重要的受力构件,它的绑扎质量和构件的整体承载性能以及使用寿命有着直接的关联。当下在施工现场,普遍存在钢筋间距不够均匀、接头处理不够规范之类的问题,迫切需要建立起标准化的作业流程。

去制定详尽的钢筋绑扎作业指导书,把各类钢筋的连接方式、绑扎顺序还有节点加固的要求都明确下来,如此便能够有效统一施工工艺,提高操作的规范程度。为了进一步提升钢筋安装的智能化管理水平,可以引入射频识别标签来对钢筋材料加以编码管理,进而达成对钢筋来源、型号以及安装位置的精准追踪。再配合上智能钢筋检测仪,便能够实时地对钢筋间距、直径、弯钩角度等关键参数予以监控,并且借助移动终端把这些数据上传到施工管理平台,形成可视化的质量监测数据链。

3.3 张拉注浆自动化设备与实时监控系统

预应力张拉以及注浆施工属于预制梁施工里的核心环节,其对于结构的整体受力性能还有耐久性有着极为关键的作用。传统的张拉工艺要依靠人工来读取压力表以及位移仪表,如此一来,数据采集就会出现滞后的状况,并且还容易受到人为方面的干扰,存在着不小的风险隐患^[3]。要是去推广使用自动化张拉设备,那么便可以达成对张拉力以及位移进行同步自动采集并且实现智能控制的效果,该系统能够把实际采集到的数据和预设的参数进行比对,从而自动校验其中存在的偏差并且对张拉过程做出相应的调整,以此来保证张拉的质量是稳定可靠的。在注浆施工的这个阶段,引入数字化注浆设备,同时配备上浆液压力、流量以及温度传感器,以此来实时地对注浆过程的各项参数加以监控。该系统会自动记录下注浆的起始时间、持续的时间、注入的量等一系列的关键指标,进而防止因为人为操作不恰当而致使浆液出现渗漏或者注浆量不足的情况发生。

3.4 混凝土配合比优化与智能养护技术

混凝土配合比的好坏会直接对预制梁的强度、耐久性以及抗裂性能产生影响。要想满足高速公路桥梁对于混凝土早期强度和长期性能这两方面的要求,那就得建立一个把实验室优化和现场验证相互结合起来的技术体系。通过对原材料性能展开分析,并且经过多轮试验来对混凝土配合比加以优化设计,着重提升水胶比控制的精准程度以及外加剂的适用性,以此来让混凝土具备不错的和易性以及良好的早期强度发展特性。养护阶段的质量把控也同样重要,在温差比较大、风速也比较强的施工环境下,要引入智能恒温恒湿养护系统,就能够对预制梁表面的环境实现动态的调控,依据混凝土水化反应的具体过程来智能地调节温度和湿度方面的参数,从而保障水泥水化反应可以充分地展开,减少收缩应力的出现,进而降低表面裂缝发生的概率。

3.5 拆模条件动态评估与运输防护体系构建

预制梁拆模时机的选择会对成品的外观质量以及结构完整性产生直接影响,如果过早进行拆模操作,那么就有可能引发梁体出现断裂的情况,又或者使得角部出现缺损等问题,而如果拆模时间过迟的话,则会严重影响施工

的整体效率。要想科学合理地确定拆模的具体时间,就不能仅仅依靠时间节点来决定,而是应该把混凝土实际强度的发展情况当作依据。可以通过布置一些非破损检测方面的仪器,像是回弹仪、超声波检测仪等等,然后在梁体的不同部位去采集有关强度的数据信息,之后再把这些数据和结构设计所规定的强度值进行细致的对比分析,以此来动态地对是否具备拆模的条件做出评估。运输环节需要建立起一套较为完善的运输防护体系。一方面要使用多点固定的装置以及定向的锁具,以此来防止梁体在车辆运行的过程当中出现滑移或者位移的现象;另一方面在支撑以及接触的部位要增加缓冲垫层,这样能够有效地将局部的应力进行分散,进而防止压痕或者是裂缝的产生^[4]。与此车辆的底盘还需要配备震动抑制系统,以此来降低路面颠簸给结构带来的影响。在运输的整个过程当中都需要配置GPS以及视频监控系统,这样才能实时地掌握运输的状态,一旦出现异常情况就能够迅速地采取相应的干预措施,从而保障梁体能够安全且高质量地完成交付任务。

4 结语

高速公路预制梁施工所涉及的工序较为繁杂,对精度的要求颇高,并且各个环节彼此间存在着紧密的关联性,只要其中任何一个环节出现失控的情况,就极有可能致使整体产生质量问题。仔细对施工工艺流程以及质量通病加以系统的梳理之后能够发现,当下依旧存在着诸如模板发生变形、钢筋布置出现偏差、混凝土强度呈现不均状况、张拉应力有所损失以及运输过程中出现损伤等一系列较为突出的问题,这无疑表明传统的施工方式以及质量管理模式已经很难契合现代工程所提出的高标准要求了。本文在对相关问题予以识别的基础之上,相应地提出了多项管控策略,像基于BIM所开展的模板设计优化举措、借助智能手段进行的钢筋检测办法、实施的自动化张拉注浆操作、针对混凝土展开的智能养护措施以及构建的全程运输防护体系等。在未来的发展进程中,随着信息技术和建筑工程进一步实现深度融合,高速公路预制梁施工将会在标准化以及智能化这两个方向上不断向前推进。

【参考文献】

- [1]王光艳.公路桥梁工厂化预制T梁蒸汽养生技术研究[J].交通世界,2024(21):137-139.
- [2]叶健强.高寒区域预制梁冬季施工保温及养护措施浅论[J].工程机械与维修,2024(8):119-121.
- [3]姚宁.桥梁预制T梁施工技术要点研究[J].四川建材,2025,51(1):163-166.
- [4]郜军.智慧化制梁场在桥梁智能建造中的研究及应用[J].居业,2025(3):16-18.

作者简介:杨洋(1992.10—),毕业院校:长沙理工大学城南学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职称级别:中级。