

桥梁工程施工中预制 T 形梁施工技术分析

侯庆敏

山东省路桥集团有限公司

摘要:当前,我国桥梁工程建设行业正处于稳步发展阶段。其中,T型梁预制与架设是桥梁工程建设施工过程的重要环节之一,为保证桥体结构的稳定性,延长桥梁的使用寿命。本文以预制T形梁施工技术作为切入点,介绍了预制T梁施工中关键工艺的操作要点,结合预制T形梁在现场施工阶段主要面临的技术问题,提出施工技术的应用策略。旨在加快预制T形梁施工体系的建设步伐,预防质量安全隐患,顺利实现工程建设目标。

关键词:桥梁工程;预制T形梁;施工技术;应用策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.062

引言

在现代桥梁工程,随着装配式建造模式的普及,预制T形梁施工已成为桥梁施工体系的重要组成部分。该技术无须现场开展大量现浇作业与高空作业,直接将成品T梁构件起吊安装,可以有效的控制施工质量、缩短建设周期、降低造价成本。在此类桥梁中,为保持桥梁安全性、稳定性和使用性能,尤其要加强各种技术的选择和规范化应用,以通过规范化施工来全面提高整体的施工效果。

一、桥梁工程中预制 T 形梁施工技术要点

(一) T 梁预制

在T梁预制期间,技术人员要重点掌握台座预制、模板安装、钢筋加工绑扎、混凝土浇筑的操作要点。第一,台座预制。早期桥梁工程使用PVC板或是皮革材料作为台座底模,根据施工案例来看,台座底模容易出现伸长、褶皱与漏浆问题,在T梁底面结构上形成麻面等质量病害,优先使用水磨石材质的台座底模,这类底模有着表面平整、质地坚硬、伸缩量小的优势,保证T梁构件外观质量。随后,制作若干数量台座,同排台座间距值控制在4m,相邻两排台座间距值控制在1m,检查台座基底密实度与承载性能,周边设置临时降排水设施,使用C30钢筋混凝土作为基础结构形式,台座梁端部位基础厚度略超过其他部位,并在梁端布置两层钢筋。为预防底座、模板漏浆问题发生,沿台座边缘埋设槽钢,槽钢内部嵌填胶皮管,并在底座上浇筑水磨石混凝土,混凝土层标高略超过槽钢标高。最后,在T梁台座上设置预拱度,要求主梁跨中竖向挠度不超过 $L/600$,把台座顶面做成下凹曲面^[1]。

第二,模板安装。现场准备定型钢模板,待底座整

修完毕后,依次制作侧模板和底模板,模板外侧设置钢管桁架作为支撑件,按照V字形安装桁架,桁架脚部设置方形钢管作为高度调节装置。随后,把模板结构拼装成型,清理内部积水与灰尘杂质,模板表面涂刷隔离剂,接缝内部填入海绵胶条,对模板安装质量进行检查。

第三,钢筋加工绑扎。提前对钢筋进行下料加工处理,钢筋裁剪或接长形成特定长度阶段,对钢筋进行矫直处理或是弯曲处理,清除表面锈迹,核对检查钢筋编号、材质、尺寸与外观质量是否合格。完成准备工作后,按照施工图纸测量放线,确定钢筋绑扎位置,在底板部位布设若干塑料垫块作为保护层,按照先精后细原则绑扎定位各类钢筋,如依次绑扎预应力筋、主要受力钢筋和一般构造钢筋。所有钢筋绑扎就位、精准定位后,钢筋交叉点按照梅花状设置垫块,逐根穿入波纹管,使用铅丝把波纹管和定位钢筋绑扎固定,波纹管一端向内穿入钢绞线,另一端伸出钢绞线。

第四,混凝土浇筑。提前做好原材料选型与配合比设计工作,一般情况下,使用强度等级不低于C50的混凝土材料,混凝土制备完毕后,检查和易性与坍落度是否达标。随后,按照纵向分段、水平分层方法,向模板内部浇筑混凝土,单层浇筑厚度控制在0.3m以内,依次浇筑马蹄形部分、腹板以及翼缘板,以两端为起始点,向中间部位延伸浇筑,尽量连续性完成浇筑作业。考虑到T梁结构较为复杂,不宜使用插入式振捣器,现场部署附着式振捣器,分3层布置,首层布置在下缘位置,剩余2层布置在中间位置。而对于钢筋与波纹管密集区域,仍旧采取常规的插入式振捣器,严格控制振捣力度与插入深度。

(二) 预应力张拉

预制T梁混凝土浇筑完毕10d,且试块强度完全达到设计强度后,即可组织开展预应力施工,穿入钢绞线,两端同步开展张拉、顶锚作业,张拉结束后对孔道进行压浆处理,在边跨伸缩端进行封锚处理。在预应力张拉环节,需明确下料编束、锚垫板安装、穿线、张拉环节的技术要点。

第一,下料编束。综合分析张拉长度、预应力锚具形式、弹性回缩率等多项因素来确定钢绞线下料长度。现场准备大量钢绞线,检查钢绞线直径、长度与外观质量,使用多根钢绞线编束形成预应力筋,以20#铁丝作为绑扎材料,以中间为起始点,向两端延伸绑扎,要求各根钢绞线相互平行,每隔1.0m绑扎一道铁丝,两端

做好记号,标注长度、代号等基本信息^[2]。第二,锚垫板安装。按照图纸在钢筋或是模板上标记锚垫板安装位置,把锚垫板放置就位,垫板和预应力孔道相互垂直,确保后续张拉期间相同孔道内所有预应力筋都保持均匀受力状态,并在锚垫板端部安装螺旋筋,螺旋筋和垫板紧密贴合,最终在锚垫板内插入波纹管。同时,测量校正锚垫板位置,要求锚垫板中心、预应力筋孔道中心完全重合,如果锚垫板端部缺少螺旋筋安装空间,则使用钢筋网片来替换螺旋筋。第三,穿线。主要采取人工穿束和卷扬机穿束方式,对于大型桥梁工程,为保证施工效率,推荐采取卷扬机穿束方式,T梁两端搭建工作台,穿入端和穿出端分别配备1台汽车吊与1台慢速卷扬机,孔道内率先穿入单根钢绞线,人工送入钢束,启动卷扬机缓慢拉动,直至钢束顺利触控,使用铁丝绑扎套管和支撑架,预应力筋最高点和最低点设置支架。第四,张拉。提前核对检查机具设备与锚具,准备千斤顶、油泵、压力表等张拉设备,确定T梁完全达到设计强度后,启动千斤顶,两端同步开展张拉作业,以1/5控制张拉力作为初始张拉力,完全到达控制张拉力后持荷2min,测量实际伸长值,要求实际值、理论值的偏差率不超过±6%。同时,要求相同张拉截面内的断丝率不超过1%,单束钢绞线断丝与滑丝数量不得超过1根。

(三) 孔道压浆

压浆饱满程度与T梁整体强度有着密切联系,在压浆饱满程度不足的情况下,T梁整体强度出现明显下滑,还会形成裂缝等质量病害,且预应力筋缺少足够保护。对此,在预制T梁施工期间,必须开展孔道压浆作业,推荐采取压浆泵二次压浆工艺,孔道进浆口部署压力泵,按照0.8Mpa以内压力线孔道一端压入水泥浆体,浆体充满整条孔道,并从另一端出浆口向外溢出。在孔道压浆环节,重点掌握拌浆、压浆、端头封锚三道步骤的技术要点。第一,拌浆。提前确定配合比方案,一般情况下,水灰比控制在0.35,提前加水空转数分钟拌浆筒,直到内壁完全湿润后,倒入精准称量的水与水泥,继续搅拌3-5min,再倒入外加剂并搅拌5-15min,完成拌浆作业,检查浆液流动度、泌水性、稠度等性能是否达标,如要求拌和完毕的浆液流动度不超过30s,管道出口位置浆液流动度不小于15s。第二,压浆。以最低处孔道作为起始点,启动压浆泵,按顺序向孔道内注入浆液,孔道内部压力维持在0.6MPa左右,继续压浆2-3min,直到完成排气泌水过程与浆体保持密实饱满状态后,结束首次压浆作业,静置60min开展二次压浆作业,最终封堵排气孔^[3]。第三,端头封锚。结束预应力张拉和压浆作业后,施工人员对梁端表面进行凿毛处理,使用清水反复冲洗梁端,支设模板结构,浇筑封锚混凝土,浇筑振捣期间禁止碰撞锚头,严格控制封锚厚度与范围,避免因出现超封情况而导致梁端伸缩缝错

位。

(四) 桥上运输

预制T形梁桥上运输期间,要配备运梁平车作为运输设备,尤其要注意轨道铺设、运梁平车安装、T梁运输过程的严格控制,具体如下:第一,轨道铺设。现场准备多根钢轨,在次中梁和周边T梁梁肋位置规划运梁便线,使用水准仪测量便线高程,在轨道位置铺设110cm碎石层进行找平处理,每隔2.0m铺设一道枕木,枕木上方铺设钢轨,要求轨距误差不超过±4mm,枕木上设置轨道接头,禁止在同根枕木设置2根轨道接头,并把接头高差值控制在3mm以内。第二,运梁平车安装。横梁部位安装电控箱,连接线路,开展运行调试试验,以电机刹车盘、控制电源作为调试内容,判断运梁平车运行工况是否正常,并检查轨道铺设质量。第三,T梁运输。把预制T梁平稳放置在运梁平车上,使用倒链固定T梁位置,操控运梁平车匀速抵达架桥机后部主梁位置,使用架桥机把T梁起吊安装就位,再把运梁平车转移到预制场,重复上述过程,完成所有预制T梁桥上运输任务。

(五) 起吊安装

在预制T梁起吊安装环节,提前在现场组拼安装架桥机,组织架设每孔的首片梁与第二片梁,前天车平稳起吊T梁,运梁平车配合作业,纵向行走到桥墩外侧一定距离处,把T梁前移一段距离,由前天车、后天车各吊起一端T梁,同步前移到落梁位置,T梁横向移动就位,梁体落在临时支架上部,核对确认T量轴线位置、垂直度与表面标高误差值是否超标,重复上述操作过程,把所有预制T梁构件起吊安装就位。同时,为保证作业安全,还需要在现场地面开展试吊试验,T梁起吊至地面上方悬停一段时间,根据试验结果来论证吊装方案可行性,可以调整吊点数量、吊点位置与更换其他类型吊索吊具。为确保预制T梁在吊装期间不会出现结构破损问题,推荐使用角铁、橡胶片作为吊具,梁体两侧对称设置多处吊点,改善T梁受力状态,避免因局部受力过大而形成裂缝、缺棱掉角等质量病害。

二、桥梁工程预制T形梁施工技术的应用策略

(一) 气泡解决

在预制T形梁施工受到原材料质量、浇筑方式、振捣工艺、T梁结构特点等多重因素影响,时常出现表面气泡问题,不但会降低T梁观感质量,还会加快混凝土表面碳化速度,进而缩短T梁构件实际使用寿命。根据现场施工情况来看,混凝土气泡问题主要表现为不规则大气泡、针眼气泡和间隙气泡三种形式,各类气泡的形成原因略有不同。不规则大气泡主要出现在T梁马蹄倒角和腹板位置,气泡尺寸超过10mm,局部集中分布大量气泡,形成原因在于混凝土和模板没有完全贴合、振捣环节出现漏振问题,致使内部空气未彻底排净。针眼气

泡直径普遍在1mm以内，轮廓接近圆形，在T梁局部位置密集分布，形成原因在于减水剂用量超标、混凝土含气量过多，振捣期间不断在浮浆层内聚集气泡。间隙气泡尺寸较大，轮廓不规则，在T梁局部密集出现，多数气泡出现在同条平行直线，形成原因在于混凝土级配不合理、针片颗粒含量超标，缺少足够细粒径集料来填充粗集料空隙^[4]。

为有效预防混凝土表面气泡问题出现，在T梁预制环节，搭配采取使用高效减水剂、集料选型、改进浇筑方式三项控制措施。第一，使用高效减水剂。优先使用聚羧酸减水剂，作为新型减水剂，有着分子结构设计性强、可根据结构形式进行优化组合、显著降低混凝土含气量与蜂窝麻面比例的作用。如果对混凝土流变性能提出严格要求，则在减水剂中添加适量降黏组分，如添加大比例憎水性基团，通过改善分子亲水性能、释放更多游离水分子来发挥引气作用。此外，重点考虑外加剂、掺合料相容问题，以改善外加剂配方、更换全新品种掺合料作为问题解决思路。第二，集料选型。根据预制T梁施工要求来优选粗细集料。对于粗集料，必须满足质量稳定、碎石级配合理、含泥量不超标等多项条件，提前对粗集料进行水洗处理，静置48h后检测含泥量与含水率。对于细集料，以细度模数、含泥量作为选型依据，可选择使用细度模数处在2.6-3.2区间的洁净中粗砂，有着级配良好、吸水率低的优点。第三，改进浇筑方式。以竖向分段和竖向斜分层作为浇筑方式，分层厚度控制在0.3m或是0.2m以内，首层布料至T梁马蹄倒角1/2处，尽量降低混凝土浇筑高度，并在马蹄部分、腹板下部、腹板中部错落布置振捣器。

（二）架桥机安全控制

对于使用大跨径预制T形梁的桥梁工程，现场配备架桥机作为工程机械，架桥机纵向运行与作业期间，有可能出现架桥机倾斜失稳等安全事故，或是因架桥机不稳而导致T梁安装精度下滑。因此，为保证施工质量与现场作业安全，在架桥机纵向运动期间，重复多次进行安全检查，以主梁水平度、螺栓销子连接牢固程度、电线完好程度、轨道接头平顺状态、夹轨器位置、轨距尺寸作为检查内容，并开展空载运行试验，确定架桥机工况正常后，方可开展预制T梁吊装作业。同时，水平布置横移轨道，使用水准仪测量轨道平整度，在桥墩盖梁顶面组合布置钢垫块，把架桥机轨道移动速度控制在3m/min以内。

（三）工艺问题处理

作为一项新型工艺技术，部分施工人员尚未熟练掌握预制T形梁施工技术的工艺做法，现场作业期间时常出现错误操作行为，影响施工成果质量。对此，必须提前收集分析同类工程施工案例，统计关键工序步骤的典

型工艺问题，并掌握各类问题的正确处理方法。例如，在预应力张拉环节，工艺问题包括孔道堵塞、张拉伸长量差异、梁端混凝土破损，具体处理方法如下。

第一，孔道堵塞。形成原因包括振捣方法不合理、振捣器频繁碰撞波纹管。一方面，尽量减小振捣幅度与控制振捣位置，振捣器和波纹管保持安全距离，并在波纹管内部插入管径小于波纹管内径的塑料管，混凝土即将初凝时拔出塑料管，从而预防孔道堵塞问题发生。另一方面，确定孔道堵塞后，禁止立即拔出内部塑料管，向孔道两端持续灌水，根据色泽和水印情况来锁定堵塞位置，梁体一侧钻孔，清除堵塞位置残留浆液和混凝土，再向孔道内部穿入钢绞线和填补钻孔^[5]。第二，张拉伸长量差异。钢绞线张拉完毕后，立即测量张拉总伸长量，如果伸长量误差大于6%，分析问题原因。钢绞线质量不佳时，更换更高强度和弹性模量的钢绞线。出现错误操作行为时，则改进操作方法，张拉前调整两端钢绞线位置，套设工作锚固、限位板以及夹片，张拉期间重复多次量测预应力筋伸长量，根据量测结果动态调整张拉力。第三，梁端混凝土破损。钢筋绑扎步骤，提前在梁段下部埋设厚度在4mm左右的钢板，梁端侧面埋设钢筋网，利用钢筋起到结构补强作用^[6]。随后，浇筑梁体混凝土，重点控制梁端浇筑振捣作业，如果出现结构破碎问题，凿除破碎部分，表面冲洗干净后，使用高强度混凝土进行修补处理。

结语

综上所述，为加快预制T形梁施工技术的普及速度，改善传统工艺技术的不足，为桥梁工程建设质量提供有力支撑。施工单位应以深入研究预制T梁施工技术作为现阶段工作重点，明确预制T梁的施工工艺标准，科学制定施工技术方案，重点加强现场作业质量控制力度，积极落实气泡解决、架桥机安全控制、工艺问题处理等策略，确保预制T梁现场作业有序进行，保证桥梁的使用安全。

参考文献

- [1] 牛会涛. 桥梁工程施工中预制T形梁施工技术分析[J]. 交通世界, 2020, (31): 122-123.
- [2] 赵鹏. 桥梁工程预制混凝土T梁施工外观质量控制技术[J]. 交通世界, 2023, (27): 164-166.
- [3] 李月霞. 预制T梁外观气泡分析与解决方案[J]. 交通世界, 2023 (27): 109-111.
- [4] 张金宏. 桥梁工程项目预制T梁施工控制问题研究[J]. 交通世界, 2023 (18): 142-144.
- [5] 牛会涛. 桥梁工程施工中预制T形梁施工技术分析[J]. 交通世界, 2020 (31): 122-123.
- [6] 李安军. 预制T梁施工技术在桥梁工程中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2019 (16): 195-196.