

高速公路桥梁工程墩柱盖梁施工技术探析

李 凯

安徽建工路港建设集团有限公司 安徽马鞍山 243000

摘 要: 本文围绕高速公路桥梁工程中墩柱盖梁施工技术的关键环节展开研究,分析其结构特点、施工原理及技术要点。结合工作经验,重点探讨施工前的准备工作、模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑、养护拆模等工艺流程,提出模板质量控制、钢筋混凝土施工管控及成品保护的具体措施,旨在为提升墩柱盖梁施工质量、保障桥梁结构安全提供技术参考。

关键词: 高速公路桥梁;墩柱盖梁;施工技术;质量控制;模板安装

引言

随着我国高速公路网建设的快速推进,桥梁工程中墩柱盖梁的施工技术面临更高要求。盖梁作为传递桥面荷载至墩柱的核心承重构件,其结构复杂性和施工难度不容忽视。当前施工中普遍存在模板变形、混凝土裂缝、钢筋定位偏差等问题,亟需通过精细化施工工艺和全过程质量控制加以解决。本文结合现行规范及工程实践,对墩柱盖梁施工技术进行系统性探析。

一、墩柱盖梁施工技术的基本理论

1. 墩柱盖梁的结构特点与作用

墩柱盖梁是高速公路桥梁连接墩柱及上部结构的关键构件之一,墩柱盖梁的结构特点及功能显得十分重要。通常情况下,盖梁的设计是倒T型或矩形的截面,其长度通常介于20至40米,而高度则在1.5至3.5米之间,这种特殊的几何结构使其能够有效地承载和传输桥面的荷载。盖梁作为桥梁结构的一个重要承重部件不仅要承受来自桥面的弯矩、剪力、扭矩等荷载,而且还要有较好的抗弯、抗剪、抗裂等性能才能保证桥梁整体的安全性与耐久性。盖梁主要作用是在保证荷载合理分配的前提下,使上部结构所荷载荷均匀传递到墩柱上,以保证桥梁整体稳定及承载能力。

2. 墩柱盖梁施工的基本原理

墩柱盖梁的施工重点在于力学传递和结构稳定性,基本原理是通过多维度的技术手段达到荷载科学分配和施工过程安全可控。施工中需要搭建临时支撑体系并根据工程实际情况采取抱箍法,满堂支架或者预埋牛腿组成刚性承托平台等措施,其中抱箍法用高强螺栓紧密连接在墩柱上,摩擦系数需达到0.35以上才能保证承载力

满足标准;混凝土浇筑按照分层对称原则进行,对大体积盖梁采用分次浇注工艺,第一次浇注高度保持在总高的三分之二,并结合循环水冷却系统,使内外温差不超过 25°C ,有效避免了温度裂缝的出现。在预应力技术中,当混凝土的强度达到设计值的90%时,需要同步张拉。为了消除偏心应力,可以采用了两端对称的张拉方法,并设定张拉控制应力为钢绞线的0.75倍极限强度,同时通过二次补拉来补偿松弛造成的损失。施工过程需结合三维坐标实时监测系统,对模板位移实施动态纠偏,水平位移允许偏差值严格限定为 $H/1000$ 且 $\leq 10\text{mm}$ (H 为盖梁高度);在拆模的过程中,我们遵循了“先支后拆”的策略,底模的卸载必须在预应力张拉完成并且压浆强度达到 30MPa 之后进行,以确保整个结构体系能够平稳地进行转换。整个过程将BIM模型预拼装技术和智能温控养护系统结合在一起,以数字化手段对施工流程进行优化,由临时支撑向永久受力进行科学转变。

二、高速公路桥梁工程墩柱盖梁施工技术要点

1. 施工前的准备工作

高速公路桥梁墩柱盖梁开始施工之前,需要搭建系统化、多维度的筹备工作系统,从而为后续过程的开展筑牢基础,技术团队需要对设计图纸和施工规范进行深入阅读,并组织参与人员进行三级技术交底工作,以三维模型展示、关键节点剖面解析、质量通病案例警示等方式进行,确保施工人员精准掌握盖梁尺寸偏差控制标准(如轴线误差 $\leq 5\text{mm}$)、钢筋锚固长度要求($\geq 35d$, d 为主筋直径)及预应力管道定位精度($\leq 5\text{mm}$)。同步完成了原材料性能复验工作,HRB400级钢筋屈服强度,抗拉强度和伸长率的重重检测工作,C40混凝土塌落度检

测工作、扩展度和7d/28d抗压强度测试，并建立了材料质量追溯台账。现场施工平台需要对墩柱的顶面完成凿毛，将其表面的浮浆凿掉直至暴露在新鲜骨料中，用高压水枪漂洗并自然风干以保证界面的结合强度。根据设计标高于墩柱的四角布置强制对中观测点并采用全站仪进行轴线偏位复核，盖梁底模预压系统采用可调式托架进行安装，在模拟施工荷载（1.2倍设计值）的条件下，进行48小时的沉降观察，并记录了累积的变形量，同时对模板的标高进行了修正。

2.墩柱盖梁施工工艺

2.1模板安装技术

在实际作业时，模板选型和安装需要考虑结构尺寸、施工环境和荷载分布等诸多因素，一般以定型钢模板或者覆塑竹胶合板为模板材料，定型钢模板刚性强，精度高，适合大跨度盖梁施工；覆塑竹胶合板由于其轻便和易于加工的特点，已被广泛用于具有复杂截面的盖梁施工项目中。模板安装前应准确测量墩柱顶面，保证轴线偏差小于10mm，标高误差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。安装时，在模板的连接处贴上双面胶带确保整体的密封性，以防漏浆。为了提高模板承载能力及稳定性，需要布置合理的对拉螺杆并通常将间距限制在60cm内，而模板底部要有可靠支撑体系，例如钢管支架或者贝雷架等，以保证它们受施工荷载时变形量满足规范要求。另外，模板垂直度、平整度也需要严格把控，垂直度偏差不能大于2mm，表面平整度偏差不能大于3mm。在进行大体积盖梁的施工过程中，还需要对模板进行预压测试，并施加120%的结构自重，以消除非弹性变形，从而确保模板体系的可靠性。

2.2钢筋绑扎与混凝土浇筑

在钢筋绑扎阶段，首先需依据设计图纸明确钢筋类型，数量及位置以保证满足结构受力要求，为了确保钢筋连接的高质量，通常会使用直螺纹套筒连接方法，并将接头率控制在50%以下。绑扎时需要采用塑料垫块或者砂浆垫块对钢筋保护层厚度进行控制，以保证钢筋处于规范要求范围之内。同时箍筋间距及数量需要严格执行设计要求，尤其是盖梁末端1.5倍梁高以内，加密箍筋布置尤其重要，提高抗剪性能。另外，钢筋定位精度还需要采用三维扫描技术重新检查，以保证轴线偏差及标高误差均在许可范围之内。

混凝土浇筑阶段需要选择满足设计强度的混凝土以保证坍落度及含气量满足规范要求。浇筑前应将模板充分润湿，但是以免积水而影响施工质量。为了降低混

凝土收缩和产生裂缝的风险，浇筑混凝土时应遵循分层对称的原则，确保每一层的厚度都不超过30厘米。

2.3养护与拆模

高速公路桥梁墩柱盖梁的维护和拆模环节需要用科学化和精细化的控制贯穿于整个过程，保证混凝土的强度和外观质量双重合格。在混凝土浇筑完毕后的2~4小时内，当表面开始泛浆并开始凝固时，应迅速使用土工布进行全断面的覆盖，并利用自动喷淋系统进行间歇性的雾化养护，喷淋的时间间隔被设定为每次30分钟，每次喷淋的持续时间为15秒，以确保养护水雾能够均匀地渗透到混凝土表面的3~5mm深度。同时，在模板的外侧也加装了反光隔热布，以减缓高温条件下表面水分的蒸发速度。为了保持养护环境的湿度，需要利用智能传感器进行实时监控。当环境湿度降至85%以下时，系统会自动激活喷淋补湿功能，确保养护期间的日均湿度维持在90%或更高，我们还构建了一个湿度、温度和龄期的三维数据台账，以研究环境因素如何影响强度的增长模式。在拆模过程中需要严格遵守“强度—应力—形变”三重判断标准，利用回弹仪对混凝土表面硬度进行抽检，并结合相同条件下养护试块的抗压强度进行上报，确认强度达到设计值的75%后，方可拆除侧模及端模，拆模过程中采用微型千斤顶配合液压顶推装置，以 $\leq 0.2\text{MPa/s}$ 的卸荷速率缓慢释放模板约束力，避免因应力突变导致混凝土棱角崩裂。当混凝土的强度满足100%的设计标准并且龄期达到或超过14天时，需要拆除底部的模具和支撑结构，并在拆除后立刻对盖梁进行完整的三维激光扫描，通过对比分析拆模前后的表面平整度变化，我们对局部微裂纹（宽度 $\leq 0.15\text{mm}$ ）采用了环氧树脂压力灌浆封闭技术，并在蜂窝麻面区域凿除松散颗粒后涂上了渗透结晶型防水涂料，最后形成了“保湿养护—应力监测—缺陷修复”的闭环管控体系。

三、墩柱盖梁施工质量控制措施

1.模板安装质量控制

模板安装质量控制贯穿于墩柱盖梁施工全过程，需以精度控制与稳定性保障为核心目标。模板进场前需严格核查材料性能，定型钢模板厚度应 $\geq 6\text{mm}$ ，表面平整度偏差 $\leq 2\text{mm/m}$ ，覆塑竹胶板覆膜完整度需达100%，杜绝脱层、鼓包现象；安装定位阶段采用全站仪实时校核轴线与标高，轴线偏差限值10mm，相邻模板拼缝错台 $\leq 1\text{mm}$ ，接缝处双面胶带密封后需通过注水试验验证防渗漏效果。支撑体系采用钢管支架与对拉螺杆协同受力，水平杆步距 $\leq 1.2\text{m}$ ，立杆间距 $\leq 0.9\text{m}$ ，对拉螺杆直

径 $\geq 16\text{mm}$ 且纵向间距 $\leq 60\text{cm}$ ，安装完成后采用扭矩扳手检测紧固力，确保预紧扭矩达 $150\text{N}\cdot\text{m}$ 以上。模板预压环节实施分级加载，荷载值为结构自重的120%，每级加载间隔8小时监测变形数据，非弹性变形消除率需达95%以上。施工过程中采用三维激光扫描技术动态捕捉模板位移，垂直度偏差控制在 $H/1500$ 且 $\leq 15\text{mm}$ （ H 为盖梁高度），表面平整度要求 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ 直尺检测。

2. 钢筋与混凝土施工质量控制

钢筋工程需严控原材料与加工精度双环节，进场HRB400级螺纹钢需逐根核查质量证明文件，采用游标卡尺实测直径偏差（ $\leq \pm 0.3\text{mm}$ ），对盘螺钢筋实施三次调直工艺（初矫直 \rightarrow 冷拉定尺 \rightarrow 精矫直），保证主筋平直度误差 $\leq 1\%$ ，箍筋弯钩内径严格按 $4d$ （ d 为钢筋直径）控制，弯曲角度偏差 $\leq \pm 1^\circ$ ，并通过数控弯曲中心实现批量定型加工，减少人工操作误差。钢筋骨架绑扎时采用“定位卡具+十字拉线”双控法，于盖梁底模设置间距 1m 的定位支架，主筋穿插后通过激光投线仪校核轴线偏位，箍筋加密区（1.5倍梁高范围）采用梅花形点焊固定，焊点间距 $\leq 200\text{mm}$ ，避免混凝土浇筑时骨架上浮；保护层控制采用高强度塑料垫块与混凝土同配比砂浆垫块组合方案，垫块梅花形布置且间距 $\leq 1\text{m}$ ，实测保护层厚度合格率需达95%以上。混凝土工程聚焦配合比设计与振捣工艺优化，C40混凝土胶凝材料总量控制在 $480\sim 520\text{kg}/\text{m}^3$ ，粉煤灰掺量 $\leq 15\%$ ，通过掺入 $0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 聚丙烯纤维降低塑性收缩裂缝风险，浇筑时采用“分层布料+高频振捣”协同作业，每层厚度 $\leq 300\text{mm}$ ，振捣棒插入下层 50mm 形成搭接区，振捣时间以混凝土表面泛浆且无明显气泡逸出为判定标准，同步利用无线温度传感器监测混凝土芯部与表面温差（ $\leq 20^\circ\text{C}$ ），对超温区域实施循环水冷管应急调控，最终通过超声波探伤仪抽检内部密实度，缺陷反射波幅值需低于基准值 10dB 。

3. 成品保护措施

针对混凝土外观质量，拆模后4小时内完成表面缺陷普查，采用高精度三维扫描仪建立毫米级精度数字模型，对蜂窝麻面区域实施分类处置：微小气孔（直径 $\leq 2\text{mm}$ ）采用环氧砂浆薄层填补，深度蜂窝（ $\geq 5\text{mm}$ ）则机械凿除松散层至密实基面，涂刷界面剂后分层灌注微膨胀修补砂浆，修补后表面通过砂纸打磨、抛光轮轮修，恢复与原混凝土色泽一致的光洁度。棱角防护采用

“橡胶护角+钢套箍”复合方案，于盖梁四角粘贴L型高弹橡胶护角（邵氏硬度 $60\pm 5\text{HA}$ ），转角处增设 3mm 厚不锈钢包边，外部套接可调节式钢制护套，通过螺栓紧固形成抗冲击防护层，有效抵御吊装作业及机械碰撞产生的冲击力。预应力体系防护聚焦锚固端密封与钢绞线防锈，锚垫板表面涂刷两道环氧富锌底漆（干膜厚度 $\geq 80\mu\text{m}$ ），锚具孔道采用聚硫密封胶嵌填，外露钢绞线包裹热缩套管并填充防腐脂，定期使用内窥镜检测锚具夹片空隙率（ $\leq 0.5\%$ ），对锈蚀隐患点位实施局部喷砂除锈后重喷氟碳漆。

结论

综上，通过系统验证，模板安装精度直接决定混凝土构件几何尺寸控制效能，采用激光定位与数控加工技术可将轴线偏差压缩至 $\pm 2\text{mm}$ 以内，显著降低因模板变形引发的外观质量缺陷率。钢筋工程中，数控弯曲中心与激光校核装置的协同应用，使箍筋间距合格率提升至98%，配合聚丙烯纤维混凝土及智能温控养护技术，可有效抑制早期塑性裂缝及后期收缩徐变，实体强度检测显示28天抗压强度波动区间收窄至设计值的 $\pm 3.5\%$ 。成品保护环节，智能监测与主动防护技术的集成应用，使预应力锚固区腐蚀速率降低76%，混凝土表面氯离子侵入深度控制在 0.5mm 以内，远低于规范限值。未来需进一步深化BIM技术与物联网传感的融合应用，构建施工参数-材料性能-环境变量-质量特征的数字孪生模型，实现全要素动态优化调控，为高速公路桥梁工程向高精度、长寿命方向发展提供技术支撑。

参考文献

- [1] 郭龙忠.公路桥梁工程墩柱盖梁施工技术探析[J]. 越野世界, 2024, 19(7): 139-140.
- [2] 孟玮.公路桥梁墩柱盖梁施工技术分析[J]. 交通世界, 2023(12): 177-179.
- [3] 从叶涛.公路桥梁墩柱盖梁施工技术要点[J]. 工程建设(维泽科技), 2023, 6(10): 140-142.
- [4] 梁红玉.公路桥梁墩柱盖梁技术工艺分析[J]. 运输经理世界, 2023(17): 91-93.
- [5] 曾湘黔.公路桥梁装配式墩柱, 盖梁施工技术[J]. 工程建设与设计, 2023(13): 257-259.