

圆柱墩施工安全控制要点分析

肖 飞

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司, 四川 双流 610200)

摘 要 圆柱墩施工涉及模板支撑、高空作业等多个高风险环节,若安全控制措施不到位,易导致支撑体系失稳、人员坠落等安全事故,严重影响施工进度。因此,施工方研究圆柱墩施工的安全控制要点,对降低安全风险、提高施工质量具有重要意义。本文基于施工全周期安全管理要求,从施工准备、施工过程及施工完成后三个阶段分析关键安全控制要点,结合国家规范,提出针对性安全管理措施,以期为确保施工安全可控提供参考。

关键词 圆柱墩施工; 安全控制; 模板支撑系统稳定性控制; 高空作业安全管理

中图分类号: U442.55

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.07.028

0 引言

圆柱墩施工通常包括测量放样、钢筋绑扎等关键工序,涉及大量高空作业、模板支撑及大型设备操作,施工环境复杂且技术要求高。尤其在深水或软土地基条件下,圆柱墩的施工难度成倍增加。在施工过程中,施工人员需严格控制模板支撑系统的稳定性、混凝土浇筑质量以及高空作业的安全管理,防止因操作不当引发安全事故,保障工程的正常进行。

1 圆柱墩施工准备阶段的安全控制要点

1.1 方案周密, 交底清晰

圆柱墩施工准备阶段,施工方案需依据设计图纸,结合地质勘察报告,充分考虑地基承载力、施工荷载分布、环境因素及周边构筑物影响,制定科学合理的施工步骤^[1]。其中,方案内容具体包括:(1)模板支撑体系:明确支架选型、搭设规范、稳定性验算及荷载传递路径;(2)钢筋绑扎方案:标识钢筋规格、间距、搭接长度、连接方式及施工顺序;(3)混凝土浇筑工艺:控制浇筑顺序、分层厚度、振捣频率及养护措施;(4)高空作业安全控制:落实防坠措施,明确作业平台布置、高处作业安全带使用要求及防护栏杆设置标准。同时,安全风险评估需逐项分析施工各环节的潜在风险,针对模板坍塌、机械伤害等风险,制定针对性防控措施,并编制事故应急预案,明确应急处置流程、救援组织架构、人员疏散路线及应急物资配备。

技术交底需覆盖施工全流程,涉及施工工艺标准、安全操作规程等,交底方式需结合书面交底与现场实操讲解,采取逐级落实方式,明确各责任人的职责,避免因理解偏差或信息传递不畅导致安全事故。交底记录应完整记录交底内容、参与人员及确认签字,并

存档备查。交底完成后,组织现场勘查,复核施工环境、材料堆放、机械设备、施工道路及安全设施,发现与方案不符之处及时调整,消除潜在安全隐患,从源头确保施工过程安全可控。

1.2 设备完好, 材料合格

圆柱墩施工前,材料设备必须符合使用标准。具体标准如下:

1. 设备要求。起重设备钢丝绳的磨损程度不得超过直径的10%,断丝数量不得超过标准规定,绳端固定牢固无松动。吊钩不得存在裂纹、剥落,开口度不超过原尺寸的15%。制动系统灵敏有效,制动力能满足设备最大负载要求,限位装置运行准确可靠,防止过卷或冲顶现象^[2]。设备应持有有效的检验合格证书,年检记录齐全,符合《起重机械安全规程》要求。模板支撑系统中,所有模板和支撑构件表面无锈蚀、裂纹、弯曲和明显变形,连接件(螺栓、卡扣等)齐全,紧固可靠。支撑系统搭设的垂直度偏差不超过1/500,高度超过8 m的支架必须按规定设置水平拉杆和剪刀撑。模板系统的承载力应通过计算书验证,符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)要求。混凝土施工设备,搅拌机运转平稳,搅拌叶片无明显磨损,搅拌筒内部清洁无残余物,润滑系统正常,无漏油现象。振捣器振动频率应达到2 800~3 000次/分钟,振幅 ≥ 0.5 mm,电机绝缘电阻 ≥ 1 M Ω 。混凝土泵送设备的输送管道内壁光滑无堵塞,管道接头无漏浆现象,液压系统压力表准确、无泄漏,安全阀调节灵敏,符合《混凝土泵送施工技术规范》(JGJ/T10)要求。

2. 材料要求。所有进场钢筋须附带出厂合格证、材质检验报告和质量保证书。施工人员现场抽检钢筋

的屈服强度、抗拉强度和延伸率,需符合《钢筋混凝土用钢筋》(GB1499)标准。钢筋表面应光洁无油污、无锈蚀、无裂纹,允许轻微氧化但不影响结合力。钢筋弯曲 180° 后不得有裂纹或断裂,焊接接头抗拉强度 $\geq$ 母材 90%,并通过超声波或磁粉检测确保焊缝无气孔、夹渣。模板材料要求,钢模板平整度偏差 $\leq 2\text{mm}$,刚度和承载力满足设计要求,焊缝无裂缝、脱焊,螺栓孔位置准确无变形^[3]。木模板含水率 $\leq 12\%$,无腐蚀、裂纹、翘曲,表面光滑无破损。竹胶板厚度均匀,无脱胶现象。模板系统应满足规范周转次数,使用前涂刷脱模剂。混凝土原材料要求:(1)水泥:具备出厂合格证,强度等级、初终凝时间、安定性等符合《通用硅酸盐水泥》(GB175)。袋装水泥存放 ≤ 3 个月,散装 ≤ 2 个月,超期需复检。(2)粗骨料:粒径、级配符合设计,压碎指标 $\leq 20\%$,针片状颗粒 $\leq 15\%$,含泥量 $\leq 1\%$,硫酸盐含量 $\leq 0.5\%$ 。(3)细骨料:细度模数 $2.3 \sim 3.0$,含泥量 $\leq 3\%$,含水率波动 $\leq \pm 0.5\%$,氯离子含量 $\leq 0.06\%$ 。(4)水:符合饮用水标准,pH 值 $6.0 \sim 8.0$,不含影响混凝土硬化的有害杂质。(5)外加剂:符合《混凝土外加剂》(GB8076)标准,附合格证和性能报告,与水泥适配良好,无不良反应。

现场拌制混凝土坍落度和和易性须符合设计要求,坍落度偏差控制在 $\pm 20\text{mm}$ 内,拌合物无离析、泌水现象。每批混凝土需留取试块进行抗压强度试验,7 天强度 $\geq$ 设计强度 70%,28 天强度满足设计要求。

1.3 场地整洁,标识醒目

1. 场地整洁要求。施工区域内的材料、设备、工具必须分类堆放,钢筋、模板、混凝土原材料等按种类、规格分区存放,堆放高度不得超过 1.5m ,且应保持稳固,防止滑落或倒塌。材料堆放区与施工操作区应保持足够的安全距离,不得占用主要施工通道或紧急疏散通道。搅拌机、振捣器等施工机械放置在坚实、平整的地面上,设备周围应保持清洁,避免油污积水。施工现场设立专用废料堆放区,分类收集钢筋头、废模板等废弃物,并集中堆放于指定区域,严禁随意丢弃。施工人员定期清理废料,防止堆积过多影响施工或引发火灾隐患。现场应设置防风、防雨措施,防止材料被雨淋或被风吹散。施工现场的主通道和应急通道应保持平整、畅通,通道宽度不得小于 1.5m ,以满足人员和设备正常通行,通道两侧不得堆放任何材料或杂物。施工道路应定期洒水除尘,防止灰尘飞扬,雨天应铺设防滑垫。基坑、深坑周围应设置排水沟,保持排水通畅,防止积水影响施工和人员安全。夜间施工时,作业区照明充足,照度不得低于 50lx 。

2. 安全标识与警示设置要求。施工现场必须设置标准化安全标识,符合《施工现场安全标志设置规范》(GB2894)要求,颜色鲜明、字体清晰、图案直观。高空作业区域设“高空作业,注意安全”标识,并配备安全网和防护栏杆,栏杆高度 $\geq 1.2\text{m}$ 。基坑周边设“当心坠落”警示牌,夜间安装红色警示灯。电气设备和临时用电设施设“有电危险”标识,配电箱加锁,电缆应架空或穿管敷设,禁止直接铺设在地面^[4]。起重机械、混凝土泵等设备应张贴操作规程和荷载限值标识,明确操作人员及责任,防止超负荷作业。物料存放区设置标识,标明材料名称、规格、使用部位及负责人,防止混用或错用。消防设施按规范配备,设置“消防器材”标识,灭火器定期检查,确保放置明显易取。紧急疏散通道设“紧急出口”和疏散方向标识,定期检查,发现褪色、损坏及时更换。

2 圆柱墩施工过程中的安全控制要点

2.1 模板支撑系统稳定性控制

模板支撑系统设计应依据《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)和《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162),立杆最大间距 $\leq 1.2\text{m}$,水平拉杆和剪刀撑间距 $\leq 1.5\text{m}$,确保系统刚度。支撑材料使用合格钢材或硬木,钢材强度 $\geq \text{Q235}$,钢管外径 $48 \sim 51\text{mm}$,壁厚 $\geq 3.5\text{mm}$ 。木模板含水率 $\leq 12\%$,无开裂、翘曲或腐蚀,模板平整度偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$,混凝土表面平整。搭设模板支撑系统时,立杆垂直度偏差 $\leq 1/500$,底部铺设 $\geq 50\text{mm}$ 厚木垫板或钢底座。水平拉杆设于立杆节点,每 1.5m 设置一道,剪刀撑角度 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,支架长度超 4m 需设双向剪刀撑^[5]。所有连接螺栓必须拧紧,构件无松动或脱落。混凝土浇筑前,全面检查模板和支撑系统,连接牢固,螺栓、卡扣无松动,立杆无弯曲或变形,内侧加固符合设计。高度超过 8m 的模板需计算承载力,必要时增设支撑或加固。模板侧压力按混凝土单位重 $23 \sim 24\text{kN/m}^3$ 、浇筑速度和振捣方式计算,关键部位安装位移监测装置,变形值 $\leq 3\text{mm}$ 。

混凝土浇筑应分层、分段、对称进行,每层厚度 $\leq 500\text{mm}$,浇筑速度 $\leq 2\text{m/h}$,避免模板受力不均导致变形。振捣器避免直接接触模板,防止振动力引起位移或松动。浇筑时安排专人巡查,发现模板鼓胀、支撑晃动等异常应立即停止并加固。浇筑完成后,模板和支撑系统保持不动,待混凝土强度达到设计强度的 70% 以上方可拆模。普通硅酸盐水泥浇筑的圆柱墩不得早于 24 小时拆模。拆模应自上而下、对称进行,严禁暴力或大面积同时拆除,防止支撑系统失稳。拆模过程

中不得损坏混凝土表面,拆除后清理模板和支撑,检查有无损坏或变形,为下次使用做准备。在高温、低温或大风条件下施工需采取加固措施。在高温下,因热胀冷缩易变形,应增加水平拉杆和斜撑,间距缩小至1 m以内。在低温下,混凝土凝结时间延长,模板支撑系统需延长保留时间,防止提前拆模导致结构变形或开裂。

2.2 高空作业安全管理

所有高空作业人员必须经过专业培训,持有高处作业特种作业操作证方可上岗。作业前需进行安全技术交底,明确作业内容、操作规程和 safety 注意事项。高空作业前,必须全面检查作业平台和脚手架,搭设须符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130),立杆垂直度偏差 $\leq 1/200$,水平杆和剪刀撑设置规范,搭设完成后验算承载能力。作业平台应铺设防滑材料,平台板间隙 ≤ 1.5 cm,四周设置高度 ≥ 1.2 m的防护栏杆,栏杆牢固可靠,严禁拆除或擅自改动。作业人员必须全程佩戴合格的安全带、安全帽、防滑鞋等个人防护装备,安全带挂点应固定在可靠的高处结构上,承载力 ≥ 15 kN,严禁挂在活动构件或不牢固设施上。必须落实双保险作业原则,即便主安全带失效,辅助防护系统仍可有效防止坠落。高空作业区下方必须设立明显的安全警示标志,禁止无关人员进入,必要时设置硬质围挡,防止高空坠物伤人。施工工具和材料应用工具袋或系绳固定,严禁抛掷工具和材料。临时用电设备须符合《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46),电缆应架空或穿管保护。使用电动工具前,应检查电源电压稳定性及设备是否存在漏电、短路隐患。起重设备和吊篮作业前,须检查钢丝绳磨损、吊钩变形及制动系统灵敏度,作业中不得超载,吊篮内人员不得超额。高空作业受天气影响大,风速超过6级(10.8~13.8 m/s)、大雨、大雪、雷电等恶劣天气下必须停止作业。作业前应检查天气预报,遇突发天气变化,须迅速组织人员撤离至安全区域。作业区域内应配备急救包和必要的应急救援设备。施工现场必须制定高空坠落事故应急预案,明确应急响应程序、救援人员分工及疏散路线,确保突发情况能迅速有效处理。

3 圆柱墩施工完成后的安全控制要点

结构质量验收前,施工人员需全面检查圆柱墩的外观、尺寸偏差和表面缺陷。表面应平整光滑,无蜂窝、麻面等缺陷;垂直度偏差 ≤ 3 mm,高度偏差 ± 5 mm,截面尺寸误差不超过设计值 $\pm 10\%$ 。钢筋保护层厚度用

探测仪检测,须符合设计及规范要求。混凝土强度达到设计要求后方可进行下一工序,强度检验依据28天标准立方体试块,强度不得低于设计值,符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)。模板及支撑拆除前,确认混凝土达到拆模强度要求。承重模板拆除时混凝土强度 $\geq$ 设计强度75%;非承重模板如侧模板在混凝土强度达到2.5 MPa后可拆。拆模应自上而下、分段进行,严禁大面积或暴力拆除,避免结构损伤或人员伤亡。拆模时设警戒区,禁止无关人员进入,拆除材料分类堆放。发现混凝土表面损伤或结构变形,立即停工,查明原因并修复。施工完成后,清理废料、杂物和剩余材料,工具设备归位,保持现场通道畅通。拆除脚手架、临时支撑和防护设施后,检查地面平整,确保无障碍物遗留。根据工程进度调整或拆除安全标识,恢复正常通行环境。排查圆柱墩周边及现场安全隐患,重点检查基坑回填、地基沉降、排水系统及周边构筑物稳定性。回填土应分层夯实,压实系数 ≥ 0.95 。二次验收时,检测混凝土碳化深度、氯离子含量和抗渗性能。

4 结束语

圆柱墩施工涉及多个高风险作业环节,安全控制至关重要。借助科学规划施工方案、严格设备与材料管理、保持现场整洁等措施,施工人员可有效降低施工风险,保障工程质量。在施工过程中需严格执行国家标准,落实安全责任,强化现场监督,确保每一环节安全可控。为此,完善应急预案,提升安全意识,规范操作流程,是确保施工顺利进行的关键。施工人员需建立全流程安全管理体系,提高技术管控水平,将安全防范融入施工全周期,以此保障结构长期稳定运行。

参考文献:

- [1] 赵亮.高速公路桥梁圆柱墩施工工艺及质量控制措施研究[J].运输经理世界,2024(35):87-89.
- [2] 马莉.高速公路圆柱墩施工技术探究[J].交通科技与管理,2024,05(18):73-75.
- [3] 董贵印,曹胜,胡登.大直径独桩独柱无地系梁变径圆柱墩施工关键技术[J].科学技术创新,2024(19):139-142.
- [4] 朱能军,张学伟,段普凡.圆柱墩装配式梯笼平台设计与施工技术[J].黑龙江交通科技,2024,47(04):131-134.
- [5] 高俊伟.山区高速公路高墩施工安全防护现状及管控策略[J].交通世界,2022(17):59-61.