

提高超大混凝土预应力梁一次施工合格率

何勇钊

(广西建工集团第一建筑工程集团有限公司, 广西 南宁 530001)

摘要: 混凝土预应力结构较少用于房屋建筑结构。随着建筑技术和建筑空间功能需求的不断提高, 大跨度预应力梁的应用可满足人们对多种建筑类型和建筑风格的需要, 使大跨度空间建筑结构越来越常见。本文针对某大学生活动中心施工过程中超大混凝土预应力梁合格率低的问题, 采取建立预应力梁受力模型、计算梁起拱量, 通过现场验证后实施等措施, 解决“表面平整度差”“预埋构件偏位”的症结。经检查效果好, 可为今后类似工程提供借鉴。

关键词: 大跨度预应力梁; 现浇混凝土; 施工技术

中图分类号: U213.34 **文献标志码:** A



1 工程概况

某大学生活动中心项目是一个集室内体育用房、学生事务用房、就业服务大厅、综合排练室、会堂、社团活动室、社团办公室、会议室于一体的综合性场馆, 建筑层数为3层。项目抗震设防类别为标准设防类, 建筑工程设计等级为一级。

本工程分为综合训练馆、室外活动广场及会堂三部分组成, 高大支模施工区域达4930 m², 脚手架钢管搭设密集, 钢管使用多达1500 t。其中综合训练馆和会堂为超大混凝土预应力梁施工区域, 综合训练馆高大支模面积约为3000 m², 预应力梁每层共计14条, 最大截面尺寸为1000 mm × 2500 mm, 最大跨度为34.5 m, 最大搭设高度为11.75 m; 会堂高大支模面积约为2000 m², 预应力梁每层共计3条, 最大截面尺寸为1000 mm × 2400 mm, 最大跨度为29.4 m, 最大搭设高度为20.75 m。

2 课题选择

2.1 选题背景

混凝土预应力结构常用于公路及桥梁结构, 在房屋建筑中的运用较为少见, 本项目为学校公用建筑, 项目面积大、楼层高度高、跨度大, 为满足建筑对安全性、适用性和耐久性的要求, 采用超大混凝土预应力梁结构。

2.2 选题理由

本工程是该大学为举办70周年校庆筹建的校庆活动场所, 项目合同工期仅为11个月, 依据施工进度计划, 超大混凝土预应力梁高大支模施工工期仅为3个

月, 整个项目超大预应力梁施工面积超3000 m², 混凝土预应力梁最大截面尺寸为1000 mm × 2500 mm, 最大跨度为34.5 m, 最大搭设高度为20.75 m, 预应力梁施工数量多且施工难度大, 需避免因施工质量问题导致返工影响工期。

3 设定目标

3.1 现状调查

分别对主体结构施工的会堂展厅区域大跨度预应力梁、大跨度楼板、混凝土支撑柱施工质量情况等各项随机抽查50点进行调查, 根据现场调查情况可知, 各调查项目问题数占比为: 预应力梁施工质量42.9%, 楼板施工质量为31.4%, 支撑柱施工质量25.7%。

(1) 对会堂展厅区域预应力梁抽查调查。对本项目会堂展厅区域的超大混凝土预应力梁进行抽查, 共检查混凝土预应力梁720个点, 存在问题为152个点, 合格率为78.9%, 不合格率为21.1%。本项目会堂区域的预应力梁一次验收平均合格率仅为78.9%, 未达到要求。

(2) 按照施工阶段对预应力梁152个不合格点进一步分层分析, 得出预应力梁结构施工阶段不合格问题占比达70.4%的结果, 是出现质量不合格问题的主要阶段。

(3) 对结构施工阶段预应力梁质量问题进行进一步分层分析。为找出症结, 针对107 (152 × 70.4%) 个结构施工阶段出现的不合格点进行具体分析, 发现影响因素中, “表面平整度差”“预埋构件偏位”是影响

响超大混凝土预应力梁施工质量的症结，两个大项累计频率达到 88.8%，只有从这两个大项着手改进，才能从根本上解决实质问题。

3.2 设定目标

3.2.1 目标设定依据

若将“表面平整度差”“预埋构件偏位”两项不合格率减小90%，根据计算可知， $107 \times 88.8\% \times 90\% = 85.5$ ，超大混凝土预应力梁一次施工合格率就能提高到 $(720 - 152 + 85.5) \div 720 \times 100\% = 90.8\%$ 。

3.2.2 确定目标值

根据现状调查和目标设定依据分析，针对该项目存在的超大混凝土预应力梁一次施工合格率问题，将目标确定为提高超大混凝土预应力梁一次施工合格率达到90.5%。

4 原因分析

采取“头脑风暴法”，对存在的“表面平整度差”“预埋构件偏位”这两个症结进行讨论分析，得出主要原因为工人操作不熟练、预应力梁起拱高度不准确、未检查模板安装平整度、钢管与扣件质量差、预埋构件固定方式不牢固、混凝土浇筑未旁站监督、未准确预留预埋构件安装位置、测量仪器未定期校准、夜间施工照明不足、梁侧模支撑不到位、高大支模架体稳定性差。

5 要因确认

通过现场调查，对11条主要原因进行逐条确认，明确要因内容、确认方法、判别标准，并绘制要因确认计划。经过现场确认得出，影响“表面平整度差”和“预埋构件偏位”质量问题的三大要因为：（1）预应力梁起拱高度不准确；（2）未准确预留预埋构件安装位置；（3）梁侧模支撑不到位。

6 制定对策

首先，针对“预应力梁起拱高度不准确”，将利用Abaqus软件建立起拱量分析模型，以及预应力梁受力模型，计算梁起拱量，通过现场验证后实施，确保预应力梁起拱高度合格率>95%。

其次，针对“未准确预留预埋构件安装位置”，可根据软件所得数据制作预应力梁缩尺模型进行数据分析，建立预应力梁钢筋模型，对预埋构件安装位置进行优化，确保利用BIM（Building Information Modeling，建筑信息模型）技术实现100%优化，现场预埋构件安装准确率>95%。

最后，针对“梁侧模支撑不到位”，可对比软件所得数据和缩尺模型数据，确定起拱量高度，采取优化预应力梁侧模支撑加固施工管理方式，确保梁侧模

支撑合格率>95%。

7 对策实施

对策一：建立预应力梁受力模型，计算梁起拱量，通过现场验证后实施。

首先，利用Abaqus软件建立起拱量分析模型。分析混凝土预应力梁起拱量高度，根据混凝土预应力梁支撑体系预留压缩长度，并在对预应力梁混凝土浇筑直至梁混凝土硬化后，预应力梁高度达到设计值。

其次，根据软件所得数据制作预应力梁缩尺模型。为使起拱量数据更具备精准性与代表性，计划在现场制作预应力梁YKL1、YKL2、YKL5、YL1的缩尺模型，并安装数据采集设备。缩尺模型采用相同的材料、环境及施工工艺等条件，截面尺寸分别为150 mm×338 mm、150 mm×270 mm、150 mm×285 mm和150 mm×407 mm。然后对缩尺模型分别进行支撑架体安装、模板安装、钢筋绑扎、预应力构件预埋安装，并在缩尺模型中安装受力位移监测贴片，用于分析缩尺模型浇筑过程及硬化后的受力数据。缩尺模型混凝土强度达到要求后，在缩尺模型成品安装数据分析检测装置，连接预埋好的监测贴片，通过试验获取缩尺模型的试验数据后，对Abaqus软件建立的受力分析模型数据进行对比分析，确认受力分析模型的起拱量高度数据是否准确^[1]。

最后，对比软件所得数据和缩尺模型数据，确定起拱量高度。对浇筑完成后缩尺模型的梁上、下表面高度及平整度进行核查。经核查，缩尺模型起拱量高度与Abaqus软件模拟分析所得数据相符合，最终确定综合训练馆区域的预应力梁起拱量高度为52 mm，会堂区域的预应力梁起拱量高度为41 mm。依据起拱量高度数据，现场工人对预应力梁下高支模支撑体系进行搭设，调节支撑立杆顶托的伸出高度，确保起拱量准确性。对模板安装完成后的超大混凝土预应力梁起拱量高度进行复核，自起预应力梁梁中拱量最高处，以40cm为测量间距，利用水准仪核查梁底模板起拱量高度是否准确^[2]。

对策二：建立预应力梁钢筋模型，对预埋构件安装位置进行优化。

首先，利用BIM技术对预应力梁进行建模，对梁钢筋和预埋构件进行突出显示。

其次，针对预应力梁复杂节点部位钢筋进行优化排布，留置足够的预埋构件安装位置，优化后的方案需经设计院同意后实施。梁柱节点处钢筋分布数量多，钢筋绑扎密度大，预埋固定锚板外径为110 mm，竖向钢筋及水平箍筋绑扎间距为100 mm，借助已

建立的三维模型，避免固定锚板与竖向钢筋及水平箍筋碰撞，需对钢筋绑扎排布进行优化，预留准确位置供固定锚板安装。通过Revit软件，依据固定锚板安装位置，将固定锚板模型设置在钢筋模型中，根据钢筋模型与固定锚板碰撞情况，优化该部位竖向钢筋排布位置及水平固定排布间距，使固定锚板有足够的安装空间；应力梁竖向箍筋分布密集，波纹预埋管存在竖向箍筋碰撞，将导致波纹管在安装过程中不顺直、偏位，需使竖向箍筋排布避让波纹预埋管，确保波纹管安装位置准确。再依据预埋波纹管安装位置，将预埋波纹管模型设置在梁钢筋模型中，根据梁竖向箍筋钢筋模型与预埋波纹管模型碰撞情况，优化调节应力梁竖向箍筋位置及箍筋尺寸，使预埋波纹管有足够的安装空间。针对优化后的预应力梁钢筋三维模型，以工程联系函形式，将优化建议反馈至设计单位，在取得设计单位及业单位同意后，进行下一步现场预应力梁钢筋绑扎施工^[3]。

对策三：优化预应力梁侧模支撑加固施工管理方式。

首先，细化梁侧模施工工艺，制作虚拟施工样板引路。利用Fuzor软件，结合现场梁侧模支撑施工条件，针对该项目超大预应力梁侧模施工工艺制作虚拟施工样板，细化展示施工工艺，实行样板先行。

其次，得出以上样板后召开班组会议，对工人讲解展示虚拟样板模型与交底梁侧支撑方式。针对超大预应力梁侧模板支撑不到位出现的原因分析结果为，预应力梁侧模板安装前未对施工班组明确支撑搭设间距要求，需要进一步加强技术交底，为此召集项目施工技术管理人员进行虚拟引路模型详细的讲解，并观看施工模拟视频。

最后，建立施工质量管理体系，明确奖惩措施，签订施工质量责任书。建立质量管理体系，逐层明确岗位职责、施工质量目标、奖惩措施，项目结合公司质量管理要求文件及项目文明施工与安全管理标准化图集，在项目实施过程中，对管理人员工作职责进行上墙，并与每位工人签订施工质量责任书^[4]。

8 实施效果检查

8.1 质量效果

质量效果检查一：对超大混凝土预应力梁巩固期施工的综合训练馆区进行抽查，抽取4根预应力梁进行检查，共检查720个点，总共发现有53个不合格点，活动前超大混凝土预应力梁合格率仅78.9%，活动后超

大混凝土预应力梁施工一次合格率得到明显提升，最终一次合格率为 $(720-53)/720=92.6\%$ ，超过预期目标值。

质量效果检查二：对出现53个不合格问题的施工阶段进行调查，对策实施后超大混凝土预应力梁各施工阶段不合格情况如下：预应力梁锚索张拉阶段不合格点占比为39.6%，其他阶段不合格点占比为37.7%，预应力梁结构施工阶段不合格点占比为22.6%。

对策实施后预应力梁结构施工阶段不合格占比仅为22.6%，已不是影响超大混凝土预应力梁施工问题出现的主要阶段。

质量效果检查三：对预应力梁结构施工阶段的12个不合格点进行检查。

对比发现“表面平整度差”“预埋构件偏位”两个影响超大混凝土预应力梁施工一次合格率的频数已大幅降低，不再是预应力梁结构施工阶段的症结。

8.2 经济效益

超大混凝土预应力梁施工一次合格率从78.9%提高至92.6%，得到显著提高，同时较大幅度降低施工成本。使用超大混凝土预应力梁施工优化方法的结果：

(1) 节约人工费、材料及机械使用费 $12万+3.2万=15.2$ 万元。(2) 工期节约20 d，缩短40%；(3) 建设各方（业主、监理、施工）满意度提高23%。

9 结束语

随着经济社会的发展，人们开始在追求建筑安全舒适的基础上着眼建筑的美观度，使城市大跨度空间建筑结构趋向多样化、规模化。从某大学生活动中心大跨度预应力梁所遇到的合格率问题可知，大跨度空间建筑结构在实际施工中会出现一定问题，相较于普通建筑结构对施工技术要求更高。利用技术解决施工实际问题的活动顺利完结，该工程项目品质得到保障，显著提高该项目的经济效益，同时为大跨度空间建筑结构类似施工问题提供技术经验，可进一步促进建筑业的可持续发展。

参考文献

- [1] 赖辉普.大跨度高支模技术在建筑工程中的应用[J].四川建材, 2010, 36(2): 159-161.
- [2] 陈明军.建筑中大跨度预应力梁的应用[J].江西建材, 2015(18): 52-53.
- [3] 李平, 王家林.预应力钢筋混凝土构件有限元模拟方法对比[J].重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(1): 27-29, 53.
- [4] 桂文清.试析房屋建筑有粘结预应力施工技术[J].城市建筑, 2013(14): 80, 90.