

Construction Monitoring of Overall Lifting of Truss Structures in Large Sports Venues

Chengzong Li Tao Ouyang Rong Hu

Shenzhen Housing Safety and Engineering Quality Inspection and Appraisal Center, Shenzhen, Guangdong, 518052, China

Abstract

The industry has done a lot of research and practice on the unloading simulation and construction monitoring of large-span space structure. In this paper, a complex space steel structure as the research object, carries out the dynamic monitoring test of the whole process of truss lifting and unloading, and gives the monitoring suggestions and measures that can be applied to the field implementation, which can provide reference for related types of engineering.

Keywords

steel structure; civil engineering; 3-dimensional mode

大型体育场馆桁架整体提升施工监测

李承宗 欧阳涛 胡荣

深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心, 中国 · 广东 深圳 518052

摘 要

针对大跨度空间结构的卸载仿真与施工监控做了大量的研究和实践。论文以某复杂空间钢结构为研究对象, 开展了桁架整体提升、卸载全过程动态监测试验, 给出了可应用于现场实施的监测建议及措施, 可为相关类型工程提供参考。

关键词

钢结构; 土木工程; 三维模型

1 引言

大跨度空间钢结构在中国取得了举世瞩目的发展和成就, 特别是随着北京奥运会、上海世博会等几个大型活动的举办, 包括国家体育场、上海世博会几个主要场馆等在内的大型空间结构如雨后春笋展现在世人面前, 也得到了世界范围内土木工程行业的关注。

大跨度及空间结构施工阶段的结构安全问题日益突出, 如何保证空间结构在施工过程中安全可靠尤为重要^[1]。大跨度空间结构建设中, 常采用整体吊装、整体提升、滑移等方案, 在完成安装、结构形成整体受力后, 将临时支撑进行拆除^[2-3]。在这一过程中, 结构受力将发生变化, 须对各阶段结构的安全性进行监测和计算分析^[4]。随着结构仿真技术的进步, 有限元软件已拓宽到结构安装, 实现了从一般施工验算到施工仿真分析的跨越^[5-6], 通过施工监测验证仿真计算可以保证结构在施工阶段的安全与可靠。

【作者简介】李承宗(1970-), 男, 中国广东深圳人, 本科, 工程师, 从事房屋安全和工程质量检测鉴定研究。

2 工程概况

项目钢结构罩棚采用空间桁架结构, 主桁架两端分别支承在 8 根型钢砼柱上, 其余固定屋盖由正交正放平面桁架构成, 管材为圆形钢管, 平面桁架由井字主桁、外环三角管桁及外周柱支承。

3 有限元分析

3.1 三维模型建立

该工程采用钢结构空间桁架结构, 采用 MIDAS 有限元软件计算, 混凝土看台和上部钢网架整体建模, 框架梁、柱、网架腹杆、系杆以及屋盖箱梁采用线单元模拟, 导荷载面板采用虚面单元模拟。

3.1.1 荷载及边界

①结构分析时, 挠度计算采用恒载 + 活载的标准组合, 另单独计算了风荷载单工况下的挠度; 应力计算采用恒载 + 活载 + 风荷载 + 温度效应的标准组合。附加恒载 1.2kN/m^2 , 屋面活载 0.7kN/m^2 , 温度效应考虑升温 $+20^\circ\text{C}$ 和降温 -10°C , 风荷载根据风洞试验取值。

②边界条件: 看台设置水平滑动支座作为钢屋架和

主桁架的竖向支承点；钢网架幕墙在混凝土看台环梁铰接连接，通过连接点向下传递钢结构部分的侧向力和部分竖向力。

钢结构屋盖数字模型见图1。

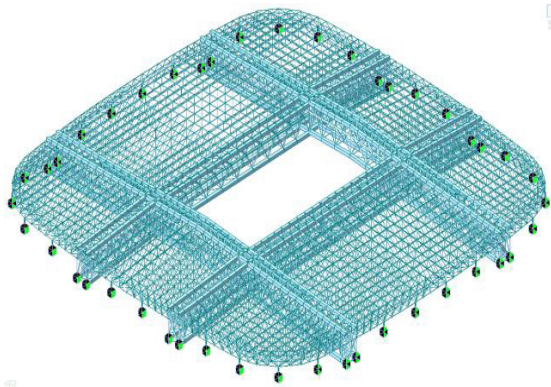


图1 钢结构屋盖数字模型图

3.1.2 计算分析内容

提升过程中口字形桁架及临时支撑措施的受力反应、变形情况和结构稳定性以及支撑的反力计算。

3.2 计算结果

3.2.1 提升过程中计算结果

提升过程中口字形桁架受力最大的部位在四个主桁架跨中，提升过程中口字形桁架主要构件的内力计算结果如图2所示。

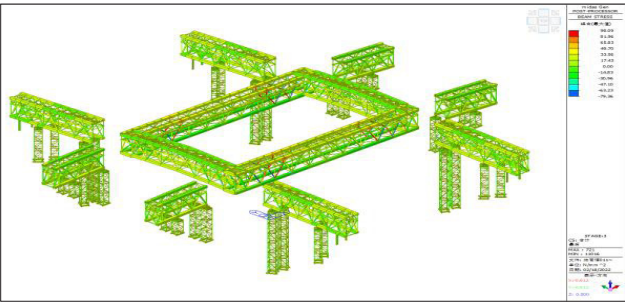


图2 整体提升后口字形主桁架内力图

3.2.2 卸载过程中计算结果

卸载过程中口字形桁架受力最大的部位在四个主桁架跨中及主桁架相交位置及支座处，卸载过程中口字形桁架主要构件的内力计算结果如图3所示。

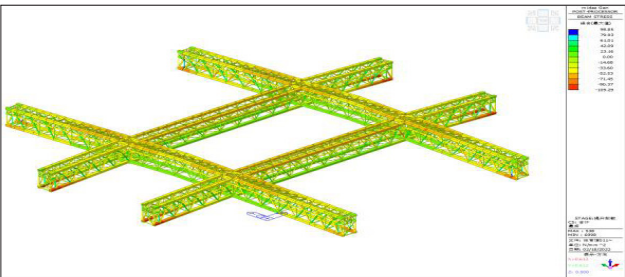


图3 胎架卸载后主要构件内力图

4 施工过程监测

4.1 监测内容

为确保施工期间提升单元以及支撑结构的安全，在提升与卸载过程中对口字形桁架关键截面应力进行了监测。

4.2 监测系统

监测系统由采集子系统、数据传输子系统、数据存储及分析三部分构成。应变传感器与多通道数据采集仪采用有线连接，采集仪自动采集应变数据，将数据采用无线方式传输至服务器。

4.3 应力测点布置

4.3.1 提升过程中应力测点布置

应力传感器布置于四个主桁架跨中的上下弦杆，共计16个，布设位置如图4所示。

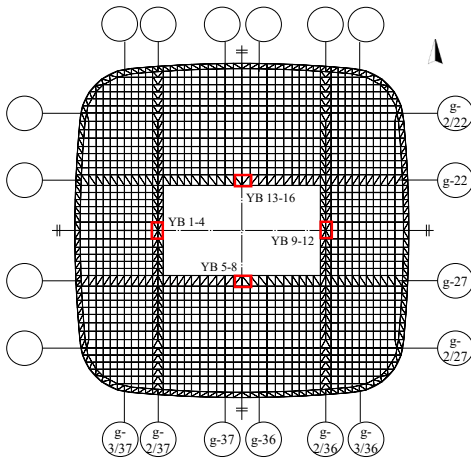


图4 主桁架应力监测点位平面布置图

4.3.2 卸载过程中应力测点布置

卸载过程中，主桁架应变传感器布置于四个主桁架跨中的上下弦杆、主桁架相交位置及支座处腹杆（跨中上下弦16个传感器，腹杆12个传感器，共计28个传感器），布设位置如图5所示。

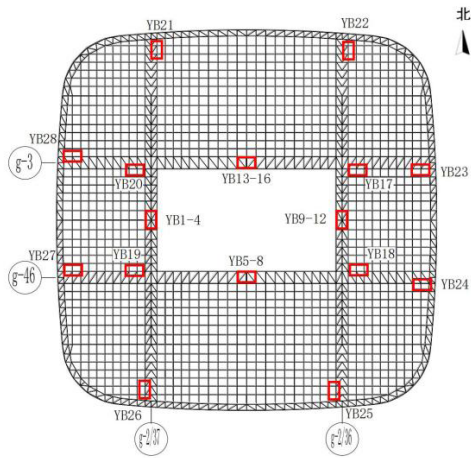


图5 主桁架应力监测点位平面布置图

4.4 监测数据分析

口型主桁架提升期间应力监测测点均未超过预警值,处于安全范围内。主桁架支撑拆除期间应力监测测点值均未超过预警值,处于安全范围内。

5 结语

复杂大跨度空间钢结构施工过程的安全性和稳定性是关系到整个工程顺利实施和安全可靠运营的重要因素。通过大跨度钢结构提升卸载过程的仿真计算和施工监控进行研究和实践可以得出如下结论:

①提升和卸载过程中,被提升的口字形桁架的内力处在可控范围之内,施工过程安全稳定。

②通过应力监测表明,有限元模拟卸载过程得到的关键杆件的应力与实际监测得到的杆件应力有一定差异,整个过程应力有波动,但仍在合理范围内,卸载完成,结构完成应力重分布,最终杆件应力与数值模拟得到的应力相差不大。实测数据与仿真计算数据基本吻合,说明计算过程可靠真实,计算方法合理,实际施工过程安全可靠。

③大跨空间口字型桁架支撑卸载是结构受力逐渐转移

和内力重分布的过程。通过应力监测可以看出,由于施工过程和卸载过程都存在一些不可预见的因素,卸载过程不仅要有数值模拟,还应布置相应的监测措施,通过监测,能够全面把握卸载过程中结构的受力状态以及关键杆件的应力变化,对于保证结构安全及卸载的安全有序进行具有重要的意义。

参考文献

- [1] 周观根,王永梅,陈志祥.现代空间结构施工关键技术研究与实践[J].工业建筑,2011(增刊):39-45.
- [2] 周观根,吴霞,陈志祥,等.空间结构创新施工方法[J].空间结构,2009,15(4):25-32.
- [3] 于江,陈国庆,刘雨婷.刚性大跨度空间结构卸载技术研究进展[J].结构工程师,2016,32(6):185-193.
- [4] 王泽曦,罗杰,肖建春,等.安顺市体育中心体育场大跨度悬挑结构卸载方案研究[J].施工技术,2017,46(18):26-29.
- [5] 郑江,郝际平,王宇,等.大跨度钢屋盖卸载过程力学模拟与分析[J].建筑科学,2014,30(3):80-84.
- [6] 孙学根,牛忠荣,李兆峰,等.大跨度空间结构卸载过程模拟分析与监测[J].建筑结构,2018,48(11):70-77.