

后紧法施工对索网式支撑平台的静力性能的影响

王展

河北工程大学土木工程学院

DOI:10.12238/etd.v6i1.11748

[摘要] 为解决筒仓仓顶索网式支撑平台施工时易引发支撑架水平杆屈曲的问题,本文提出了一种扣件式钢管支撑架钢管节点扣件先松后紧的施工方法(后紧法)。利用Midas gen有限元软件建立了索网式支撑平台整体数值模型,分别对索网式支撑平台施工的常规方法和后紧法进行数值模拟和对比分析,结果表明采用后紧法施工的索网式支撑平台相较于常规方法可有效改善支撑架水平杆受力,同时索网受力和变形也更为均匀。研究结论可为后续相关工程提供一定理论依据。

[关键词] 筒仓仓顶施工; 索网式支撑平台; 后紧法; 数值模拟

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

The influence of rear tightening construction on the static performance of cable-net support platform

Zhan Wang

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering

[Abstract] In order to solve the problem of the horizontal rod bending during the construction of the support platform, this paper proposes a construction method of loosening (after tightening method). Using Midas gen finite element software established the overall numerical model, respectively after the conventional method and numerical simulation and comparative analysis, the results show that the tightening method of construction after the cable type support platform compared with conventional methods can effectively improve the support horizontal rod force, and the cable force and deformation is more uniform. The research conclusion can provide a certain theoretical basis for the subsequent related projects.

[Key words] silo top construction; cable network support platform; rear tightening method; numerical simulation.

引言

索网式支撑平台主要由索网和支撑架组成,施工时具有成本低、进度快等特点^[1,2],被广泛应用于筒仓锥顶平台的建设。然而,由于索网结构是柔性结构,施工时容易产生较大变形^[3-5],采用传统方法在索网上方搭设支撑架时容易导致水平杆内力过大,从而引起结构失稳,甚至引发严重的安全事故。因此,为确保施工过程的安全性,必须加强对索网式支撑平台进行研究。

目前,国内外学者对于索网式支撑平台的研究主要集中在索网结构上,对上部支撑架研究甚少。Hairong Huang^[6]采用数值模拟的方法探究了在筒仓结构中不同预拉力对索网平台承载力的影响。蒋姝柠^[7]采用数值模拟的方法对比了索网和索网-模架两种建模方式的索受力、索变形情况,综合分析认为在进行分析时应考虑索网-模架模型。然而在实际施工中,索网式支撑平台支撑架采用传统搭设方法时,水平杆容易发生屈曲破坏。申

博文^[8]对仓顶施工中的柔性索网支撑平台进行了研究,并结合实际工程进行了施工监测,发现在施工过程中会出现部分水平杆会在混凝土浇筑过程中发生屈曲。因此,需要一种方法对传统支撑架施工方法进行改进。基于此,本文结合实际工程,对索网式支撑平台的施工方法进行了改进(简称“后紧法”),利用Midas gen建立索网式支撑平台整体模型,对其施工过程进行数值模拟,重点分析了“后紧法”施工过程中结构的变形和受力变化,研究结论为后续相关工程提供参考依据。

1 工程概况

新疆某产品仓建设工程项目,筒仓建筑高度52.5m,筒身直径34m,筒仓仓顶由锥壳和仓顶平台两部分组成,其中锥壳呈斜45°,锥壳板厚度500mm;仓顶平台为直径20m平台,上环梁尺寸为800mm×1500mm,平台梁尺寸为400×1200mm,平台板厚200mm,仓顶混凝土等级为C40。仓顶结构采用索网式支撑平台进行施工。索网式支撑平台如图1所示。

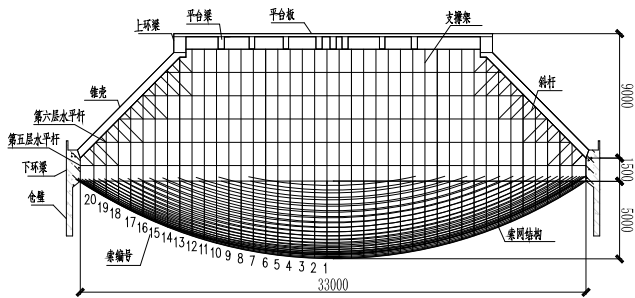


图1 索网式支撑平台示意图

2 施工方案

本工程筒仓顶施工过程分为索网式支撑平台的组装、支撑架的搭设以及混凝土的浇筑三个阶段。首先将索网平台的钢丝绳进行吊装铺设,其次在索网平台上方搭设支撑架,采用倒U形配件使支撑架立杆立于索网主、副索相交的节点上,最后采用由外至内、分区、对称、均匀浇筑的原则分区域浇筑混凝土,锥壳分七次浇筑,浇筑完毕七天后再将仓顶平台区域分两次进行浇筑。

3 锥顶施工数值模拟分析

建立索网式支撑平台数值模型,分别对索网式支撑平台支撑架常规方法和后紧法施工的整个施工过程进行数值模拟,从索网应力、索网位移和支撑架水平杆受力三方面对比,探究后紧法对索网式支撑平台静力性能的影响。

3.1 有限元模型建立

索网平台主、副索直径均为 $\Phi 32$,型号为 $6 \times 37\text{M-FC}$ 纤维芯钢丝绳,质量密度为 78.5KN/m^3 ,钢丝绳弹性模量取 121GPa ,公称抗拉强度 1770MPa ,符合GB/T20118-2017《钢丝绳通用技术条件》。其中主、副索水平间距均为 800mm ,悬索从中心线开始布置,距离中心线 400mm 。主、副通过卸扣与筒仓侧壁相连接,支撑架采用Q235钢材、泊松比为0.3,规格为 $\Phi 48 \times 3\text{mm}$ 的钢管。在实际工程中,单根钢索在自重作用下呈现悬链线的形式,为简化计算,可在有限元模型中采用抛物线代替悬链线进行模拟分析^[9]。利用MIDASGEN建立索网-支撑架整体模型,对索网式支撑平台进行不同施工工况下的内力及位移计算和安全分析。

3.2 工况设置

此次模拟中采用生死单元法进行施工模拟,以现场的实际施工情况考虑结构的受力与变形情况。荷载除钢筋和施工活荷载是等效为均布荷载的形式施加的,其余都是以结构建模自重的形式进行施加。钢筋荷载取值为 1.1kN/m^2 ,施工活荷载取值为 2.5kN/m^2 ^[10]。根据现场的施工顺序,制定了十一种施工工况:工况1为脚手架+模板;工况2在工况一的基础上增加了钢筋荷载和施工活荷载;工况3到工况9分别对应混凝土锥壳平均7次浇筑,工况10浇筑上环梁和平台梁,工况11浇筑平台板。

3.3 索网式支撑平台数值模拟分析

在对模板支撑架进行数值模拟分析时,采用非线性的后屈曲的分析方式是较为准确的^[11],因此在模拟研究中,采用非线

性后屈曲的数值模拟分析方式。通过对模拟数据分析发现,1~13号索受力变化规律相似,14~18号索受力变化规律相似,19~20号索受力变化规律相似,因此将其分为三种类型,分别从其中挑选出1根代表性索进行分析。

3.3.1 索网应力结果对比分析

图2为代表性索不同施工方法各工况下的应力图,两种施工方法下索应力在施工过程中数值上有一定差别,这是因为在支撑架搭设期间,常规方法和后紧法施工流程不同导致的;在整个施工过程中,索网钢索在工况1~工况8应力变化较为平缓,工况9~工况11则应力有明显的增长,这是因为仓顶平台区域混凝土荷载较大且比较集中,荷载通过支撑架立杆传递给下方索网,使下部钢索产生较明显的应力变化。索网钢索受力由外至内依次增大,常规方法和后紧法均为中心处1号钢索受力最大,最大应力分别为 189.2MPa 、 176.64MPa ;另外,在施工前期,后紧法相对于常规方法边缘处钢索受力偏小,中心处钢索受力偏大,在施工完成时,结果反而相反,表明后紧法前期对支撑架水平杆扣件的调整在后续施工过程中产生了持续影响作用,支撑架可以更均匀的将力传给下部索网,改善了索网的受力分布。

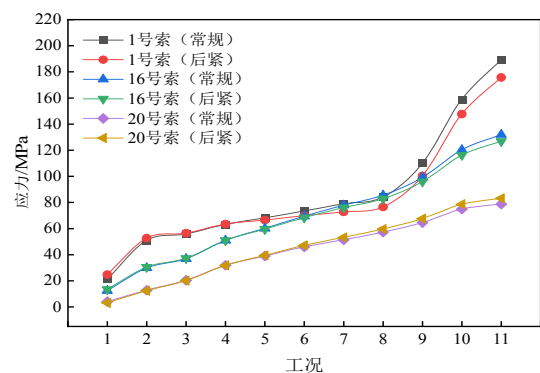


图2 代表性索不同施工方法各工况下的应力图

3.3.2 索网位移结果对比分析

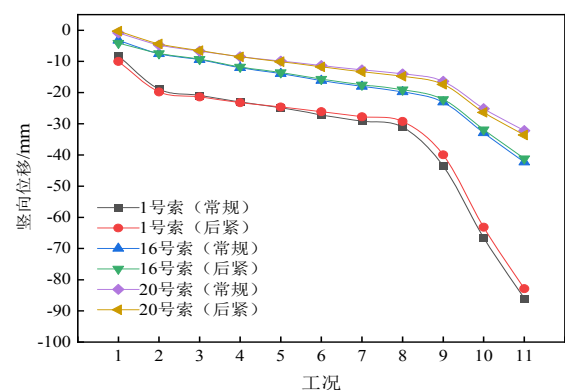


图3 代表性索不同施工方法各工况下的位移图

如图3所示代表性索不同施工方法各工况下的位移图,后紧法相对于常规方法前期中心处竖向位移偏大,后期偏小,这是由于后紧法施工时对支撑架扣件进行了调整,能够优化支撑架与

索网之间的贴合程度,避免了施工过程中由于索网发生大变形而导致支撑架支撑点缺失的情况发生,使索网的受力与变形更为均匀。常规方法和后紧法施工索网的最大位移均出现在1号钢索上,最大位移分别为-86.02mm、-82.89mm;在整个施工过程中,两种工况索网的位移变化始终是中心对称状态,整个过程中并未出现反拱现象。

以1号索上方四、五、六层边缘处的水平杆作为观测点,从上到下依次为F1、F2、F3,对其在两种施工方法下工况11(最不利工况)的受力情况进行对比,如图4所示。F1、F2处水平杆受力较大,是由于支撑架的斜杆一端顶住模板,另一端连接在立杆与水平杆相交节点上,导致锚固平面上上边缘处水平杆承受了部分锥壳区域混凝土荷载。同时分析数值模拟结果发现,索网锚固平面上支撑架中心处水平杆主要承受压应力,且越靠上水平杆所受的压应力越大。在此工况下,后紧法相较于常规方法边缘处水平杆压应力最大降低48.1MPa,降幅31.2%,中心处水平杆压应力也有所降低,降幅33.5%。表明后紧法相对于常规方法可显著改善支撑架水平杆受力。

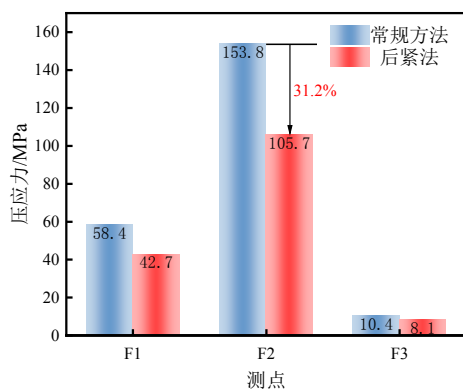


图4 工况11支撑架水平杆测点应力图

4 结论

(1) 对模拟数据分析发现,1~13号索受力变化规律相似,14~18号索受力变化规律相似,19~20号索受力变化规律相似。

(2) 对比索网应力的模拟结果发现,后紧法前期对支撑架水平杆扣件的调整在后续施工过程中产生了持续影响作用,支撑

架可以更均匀的将力传给下部索网,改善了索网的受力分布。

(3) 对比索网位移的模拟结果发现,后紧法支撑架施工方法相对于传统施工方法下部索网变形更为均匀,对结构整体受力具有优化效果,提高结构的承载力。

【参考文献】

- [1]杨学林,周平槐,李晓良,等.杭州亚运会拳击场馆杭州体育馆屋盖单层索网结构提升改造分析与设计[J].建筑结构,2022,52(15):98-104.
- [2]我国建筑索结构的发展与工程实践-中国知网[EB/OL].[2025-01-07].
- [3]种迅,李一松,蒋庆,等.某塔楼玻璃幕墙结构模型试验研究及有限元分析[J].建筑结构,2021,51(3):71-76.
- [4]吴小宾,陈强,陈志强,等.临沂奥体中心体育场车辐式单层索膜罩棚结构设计[J].建筑结构,2020,50(19):1-7.
- [5]水金锋,刘楠,王金来,等.大连梭鱼湾专业足球场结构设计综述[J].建筑结构,2024,54(5):1-6+50.
- [6]HUANG H, HAO G, LV M. Construction Technology of Squat Silo Roof Supported by Cable Net and Finite Element Research [J].Engineering Advances,2022,2(1):18-25.
- [7]蒋姝柠,郭昭胜,刘瑞峰,等.筒仓锥顶混凝土结构柔性索网施工模架承载性能分析[J/OL].太原理工大学学报,1-10[2025-03-17].
- [8]申博文.筒仓顶钢丝绳软平台及支撑架受力性能研究[D/OL].西安建筑科技大学,2022.
- [9]沈世钊.悬索结构设计(第2版)[M].悬索结构设计(第2版),2006.
- [10]建筑结构荷载规范GB50009-2012[EB/OL].
- [11]白万民,李文坡,张凌博.盘扣式模板支架安全承载试验及数值模拟研究[J].安全与环境学报,2024,24(7):2528-2535.

作者简介:

王展(2000—),男,汉族,河南漯河人,硕士研究生,结构工程研究。