

Investigation and Analysis on Parameters Uncertainty of Fastener-Type Steel Tubular Scaffold in the Central China

Jiang Chen

Dalian Japan-China Technology Research Co., LTD., Dalian Liaoning
Email: 809938327@qq.com

Received: Jan. 5th, 2017; accepted: Jan. 20th, 2017; published: Jan. 23rd, 2017

Abstract

Parameters uncertainty of fastener-type steel tubular scaffold in the Henan Province has been fully investigated, and statistical analysis has been done on the obtained data. This paper can provide some reference for the related code revision, and guidance for the quality control of related enterprises.

Keywords

Fastener-Type Scaffold, Reliability, Statistic Analysis, Plain Areas

中原地区扣件式钢管脚手架相关参数不定性调查分析

陈 江

大连日中技研有限公司, 辽宁 大连
Email: 809938327@qq.com

收稿日期: 2017年1月5日; 录用日期: 2017年1月20日; 发布日期: 2017年1月23日

摘 要

对平原大省河南地区扣件式钢管脚手架相关参数的不定性进行了全面的调查, 并对调查的数据进行了必要的统计分析, 可以为相关规范的修订提供一定参考, 亦可为相关企业的质量控制给予指导。

关键词

扣件式脚手架, 可靠性, 统计分析, 平原地区

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国经济的高速发展, 高层、超高层、大跨建(构)筑物和大型桥梁、立交桥等工程大量出现, 造成其中采用钢筋混凝土结构的建(构)筑物多形成高梁厚板的情况, 而其庞大的施工荷载则对传统的扣件式钢管脚手架(支模架)带来了严峻的挑战。扣件式钢管脚手架装拆方便、组合灵活、经济实用、可重复使用, 是我国目前应用最为广泛的一种脚手架形式。但是近年来由于扣件和钢管的质量难以保证, 支模架设计与搭设不科学等问题导致支模架在施工时坍塌的事故不断发生。

对于目前我国规范中广泛采用的基于可靠性理论的设计方法, 结构或构件抗力的相关统计参数对结构安全有着至关重要的作用。但影响抗力的因素很多, 因此对结构或构件的抗力进行直接统计目前难以实施。而在国际上常用的方法是通过影响到结构或其构件抗力的主要因素进行分析, 进而利用数理统计的计算方法得到该类结构或其构件的抗力统计特征值。我国《建筑结构可靠度设计统一标准》中抗力的统计分析正是采用该方法。扣件式钢管脚手架作为一种临时结构, 受到诸多因素的影响。本文对中原地区(主要是河南省)部分施工单位所使用的扣件式钢管脚手架构件几何尺寸、扣件的质量的不定性进行了全面的调查, 并根据调查的情况对一些调查的数据进行了初步的统计分析[1] [2]。

2. 调查范围及调查目标

项目课题组在调查时, 首先对扣件式钢管脚手架这一脚手架形式在河南地区的应用形式、范围、特点及加工状况等基本情况作了一定的调查, 并对国内外的一些钢管脚手架形式也进行了对比分析。总的来看, 扣件式钢管脚手架仍然是中原地区目前应用最为广泛的一种脚手架形式。本文对中原地区(主要是河南省)部分施工单位所使用的扣件式钢管脚手架所使用的钢管的构件几何尺寸、扣件的质量、扣件抗滑能力等关键指标进行调查。

随着河南地区房地产市场及基础设施建设的不断发展, 建筑施工行业也得到了迅猛的发展。河南省内的施工企业数量众多, 由于资金、设备、人员、管理等各个方面的原因, 造成不同的施工企业的技术水平参差不齐, 规模也差别较大。其中也有相当一部分企业规模偏小小, 施工设备非常有限, 技术水平低下, 因此对这类企业进行调查不能代表河南省实际的施工水平。因此我们选择了较有代表性的规模较大的几家施工企业作为主要的调查对象。这些施工企业主要包括: 河南四建股份有限公司、河南城建建设集团有限公司、河南天工建设集团有限公司、河南豪瑞建设工程有限公司。上述这些公司的施工设备及施工水平基本能够代表河南地区主要建筑施工企业整体目前的实际施工水平, 调查中选择上述 4 家企业的 9 个工地进行实地调查, 施工中所采用的扣件式脚手架照片如图 1 所示。

3. 设计调查方案

对于扣件式钢管脚手架而言, 影响脚手架结构承载力的因素有很多, 例如: 跨距、排距、连墙件的



Figure 1. Steel tubular scaffold used in construction. (a) Complete picture; (b) Connected joints
图 1. 施工中采用的扣件式脚手架及节点。(a) 全景；(b) 连接节点

布置方式及间距、立杆截面面积及步距、扣件的质量、抗滑能力等。为保证调查中可以得到影响结构安全性的核心参数，确保调查参数的有效性，在制定结构参数进行实地调查前，首先对影响结构抗力的主要因素进行了分析，扣件式钢管脚手架连接节点如图 1(b)所示。

3.1. 分析核心影响因素

钢管的几何尺寸对钢管脚手架结构的可靠性的影响主要体现在设计阶段的抗力计算及安装阶段结构几何外形与安装内力两个层次。如果从设计阶段的计算考虑，截面几何尺寸的偏差对结构或构件的抗力会产生直接影响。例如，《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》对于脚手架立杆稳定性的设计表达式为[3] [4]:

$$\frac{N}{\phi \cdot A} \leq f$$

式中， A ——脚手架立杆的毛截面面积，是与截面几何尺寸直接相关的随机变量。 ϕ ——轴心受压构件的整体稳定系数，由考虑脚手架整体稳定因素的换算长细比 λ_0 查表得到。而

$$\lambda_0 = \frac{l_0}{i}$$

式中， l_0 ——脚手架大波失稳时的半波长度或连墙件的竖向间距，由脚手架的搭设方式确定。而 i ——回转半径，也是与截面几何尺寸直接相关的随机变量。对于脚手架中钢管的强度和稳定性来讲，其几何参数的随机性，对构件设计的可靠性有很大影响。但是直接统计截面面积和回转半径的统计参数并不合理，也不现实，难以操作。但是由于截面面积或回转半径都属于导出量，构件的截面面积 A 、回转半径 i 都可以表示为壁厚 t 以及直径 D 的函数。所以可以通过统计钢管的壁厚、直径的统计参数，然后利用数理统计的方法得到截面几何特征的统计参数。从施工操作的角度来看，几何尺寸的较大偏差也会引起安装困难，并明显改变结构及构件的受力状态，在构件中引起较大的初始安装应力，同时也会显著造成结构的稳定性降低，进而影响到结构及构件的可靠性。同时调查中考虑对钢管两端面切斜偏差、钢管外表面锈蚀深度、钢管弯曲程度等相关参数同时进行量测。

除了钢管的几何尺寸之外，脚手架钢管之间的连接主要依靠各类扣件，主要包括：直角扣件、旋转扣件和对接扣件。由于扣件质量减小，会必然导致扣件抗滑能力降低，从而使脚手架整体承载能力降低，因此在调查时我们可以通过对各类扣件质量的测定，间接的判定扣件的抗滑能力是否能够满足要求。对于部分工地也采用抽样检测的方法，直接测定扣件的抗滑能力。

而跨距、排距、连墙件的布置方式及间距、立杆步距等因素主要是由施工方案所决定的，不便于进行对比分析，因此调查中考虑较少。

3.2. 确定调查参数及制定统计表格

项目组在制定表格的时，对上述核心影响因素进行了充分考虑，同时考虑到调查时现场实施的可能性，同时参考了《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和相关的一些手册，对表格的项目进行筛选归类。最终确定表格的主要内容包括：钢管直径、壁厚、两端面切斜偏差、钢管外表面锈蚀深度、钢管弯曲程度及扣件质量等。在调查实施的过程中，以每一个工程项目的一批脚手架构件作为调查对象。例如：扣件式脚手架钢管几何尺寸调查的表格形式如表 1 所示。

3.3. 实施调查统计

为了在有限的时间内尽可能多地得到扣件式脚手架的主要统计参数，项目组在调查中采取现场实测与历史资料调阅相结合的方法。在调查实施过程中，考虑调查统计表格的有关内容，采取了以下三种方式：

1) 实地量测：为了准确得到施工工程项目现场的场第一手资料，对“四建”、“城建”、“天工”、“豪瑞”等几家公司正在进行施工的工程进行了跟踪调查，对钢管的截面尺寸及扣件质量进行了现场实测，获得大量的有效参数。这也是此次调查中采取的最主要的方式。测量工具选择方面，考虑到数据准确性与测量精度，在测量长度高度、弯曲度等较大尺寸时，选用了较高精度的钢卷尺、钢板尺，而在测量直径、厚度等较小尺寸时，选用了游标卡尺以保证测量的精度，对于两端面切斜偏差则需要用塞尺进行量测。对于扣件质量，则采用便携式弹簧秤进行质量测定。考虑到这部分调查数据为实地调查，准确度及可信度较高，因此这部分数据的分析结果也可以用来对其他两种方式得到的数据进行校核。

2) 调阅资料：查阅并整理前述施工单位所保留的相关历史资料，因为按照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》的要求，脚手架构件在进场前，一般要求做构件的质量检查，而检查结果要作为历史资料存档。而这部分存档资料对于我们的调查统计也具有很重要的参考意义，所以在调查过程中，项目组对相关施工单位的近年来进行的主要工程的历史资料档案也进行了调阅并进行整理，也得到了大量的有效数据。

3) 问卷调查：由于客观条件的原因，难以保证对相关施工单位的每批脚手架构件都全部进行现场实测。调查时为了确保每批次脚手架构件测量数据的保持连续，我们在现场实测调查的同时，也给各个项目的施工工地发放了一定数量的问卷调查表，方便工程项目中的质检人员在例行检查中，对相关数据进行统计。但是我们考虑到项目组调查目的和工程中例行质量检查的目的不同，对这部分数据主要起参考和校核的作用。

4. 整理调查数据及分析统计结果

4.1. 分析脚手架钢管截面几何尺寸统计参数

数据统计时，为便于对相关参数进行统计分析，统计参数的不定性我们采用随机变量 K_A 来表示：有 $K_A = a/a_k$ ，式中， a 为构件统计参数的实测统计值； a_k 为构件的统计参数的设计值或标准值，调查中主要依据施工单位的设计资料及有关规范、手册等确定。

项目组在几个月的调查中，得到了大量的核心影响因素的统计数据。在这些调查数据的基础上，分别对截面外直径、壁厚、两端面切斜偏差、弯曲度得到了初步的统计参数。例如，截面外直径、壁厚统计参数如表 2 所示，其中样本容量均为 360。

Table 1. Questionnaire about pipe physical dimension of steel tubular scaffold
表 1. 扣件式脚手架钢管几何尺寸调查表

工程项目:		日期: 年 月 日		
钢管设计参数: $l \times D \times t$:		总数量:		
编号	截面外直径 D /(mm)	壁厚 t /(mm)	两端面切斜偏差 δ /(mm)	弯曲度 Δ /(mm)

Table 2. Physical dimension of steel pipe cross section
表 2. 钢管主要几何尺寸统计参数

项次	截面外直径	壁厚
样本均值 μ	47.996	3.471
标准差 σ	1.52	0.0713
变异系数 δ	0.0317	0.0205

Table 3. Cross section area and inertia moment of steel pipe
表 3. 钢管截面面积和惯性矩的统计参数

项次	截面面积	惯性矩
设计值	254.27	68085.48
样本均值 μ	252.22	67565.70
标准差 σ	9.87	1831.63
变异系数 δ	0.0391	0.0271

4.2. 统计分析截面面积及惯性矩的参数

在对截面外直径、壁厚参数进行统计的基础上,即可进一步通过误差传递公式[5]获得所需截面几何特征的统计参数,对任一函数 $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$,若其中随机变量的样本均值与标准差分别为 $(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n})$ 及 $(\sigma_{x_1}, \sigma_{x_2}, \dots, \sigma_{x_n})$,则 Y 的样本均值为 $\mu_Y = f(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n})$;而方差为

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^m \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]_{\mu}^2 \sigma_{x_i}^2$$

变异系数为 $\delta_Y = \sigma_Y / \mu_Y$ 。对于扣件式脚手架钢管,其主要截面特性有:截面面积

$$A = \pi [D^2 - (D-t)^2] / 4$$

按照误差传递公式,即可得截面面积的均值与方差分别为

$$\begin{aligned} \mu_A &= \pi [\mu_D^2 - (\mu_D - \mu_t)^2] / 4 \\ \sigma_A^2 &= \pi^2 [\mu_D^2 \sigma_t^2 + \mu_t^2 \sigma_D^2 - \mu_t^2 \sigma_t^2] / 4 \end{aligned}$$

而截面惯性矩为

$$I = \pi [D^4 - (D-t)^4] / 64$$

由于截面惯性矩的均值与方差的表达式过于复杂,这里不再给出具体计算公式。

对于扣件式脚手架钢管,截面的设计尺寸为: $D = 48 \text{ mm}$, $t = 3.5 \text{ mm}$ 。按照本文中上节的统计参数,

可得其截面外直径、壁厚的样本均值及标准差如表 2 所示。则利用上述的误差传递公式，可得扣件式脚手架钢管截面面积和惯性矩的统计参数计算如表 3 所示。

5. 结语

本文通过对河南省一些大型施工企业施工中所使用的扣件式脚手架构件的调查，初步得到了其中主要参数的统计特征，并对钢管截面几何特性的统计参数进行了相关分析，由于时间所限，本文并未对所有影响因素全面分析，有待进一步深入研究。本文的结果将会对规范的修订提供参考，并会对相关企业的质量控制起到一定的指导作用。

参考文献 (References)

- [1] 李天, 高明辉, 王珂. 钢构件主要几何尺寸不定性的调查分析[J]. 郑州大学学报(理学版), 2005, 37(1): 87-90.
- [2] 中华人民共和国建设部. GB50068-2001 建筑结构可靠度设计统一标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [3] 中华人民共和国建设部. JGJ130-2011 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [4] 建设部建筑管理司. 建筑施工安全检查标准实施指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [5] 汪荣鑫. 数理统计[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1986.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org