

# 新型悬挑脚手架安拆过程中的安全问题及应对措施

朱传锦<sup>1</sup> 莫帅琪<sup>2</sup> 唐匀芳<sup>2</sup> 罗熙<sup>2</sup> 蒲成志<sup>3</sup>

(1.华侨城中部集团有限公司 湖北武汉 430000; 2.湖南华侨城文旅投资有限公司 湖南衡阳 421000; 3.南华大学城市地下空间系 湖南衡阳 421000)

【摘要】螺栓固定式新型悬挑脚手架相对于传统悬挑架,其结构应力更加集中,存在较大的安全风险。为此,本文分析了新型悬挑架安装及拆卸过程中主要的安全隐患,并结合现场经验提出了相关预防措施。

【关键词】新型脚手架 坍塌 措施

## 一、工艺介绍

高强螺栓固定式斜拉悬挑钢管脚手架相比传统悬挑工艺,工字钢无需穿过建筑外墙,有用材少、低渗漏、人工成本低等优点<sup>[1]</sup>。

该悬挑工艺目前几乎没有相关事故案例,因此有必要对该脚手架搭设及拆卸过程中可能出现的安全问题进行探讨。

## 二、安装过程中的安全隐患

### 1. 搭设方案的选择

当方案中锚固端存在于在阳台板等悬挑结构上,其受力设计需严格检查,并留意现场配筋是否与最新版的施工方案相符。

2. 脚手架的事故类型、影响架体安全性的主要因素根据 2010~2016 年的建筑施工事故统计<sup>[7]</sup>,脚手架事故易导致群死群伤事件,主要事故形式为坍塌。

预付脚手架的坍塌事故,与架体的强度直接相关,主要影响因素有以下几个:

1、混凝土强度 2、螺栓强度 3、连墙件数量 4、架体高度及跨距 5、剪刀撑 6、荷载。

从工字梁的结构受力图可以看出,螺栓受拉、砼面受压,两个力互为力偶,拉力由混凝土的握裹力提供,因此混凝土强度对悬挑体系的承载力有直接影响。

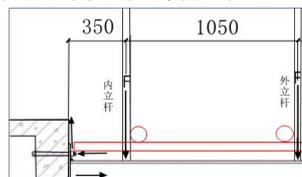


图 1.高强螺栓固定式悬挑梁受力

搭设架体时,若混凝土强度还未达到要求、或是提前拆除悬挑下方的模架立杆,工字钢有可能产生较大的下沉及倾斜,导致侧向失稳的发生。因此在搭设前应进行回弹实验,检测混凝土强度是否已经达到方案要求。

与传统悬挑工艺相比,新型悬挑架中工字梁承受的载荷力矩不变(图 1),锚固螺栓的力臂却明显缩短(1.2 米→0.5 米),数量下降(4 根→2 根),螺栓同时还承受了剪应力,是结构中受力最大的部件。

在螺纹加工过程中,易产生微裂纹<sup>[2]</sup>,这些裂纹在经外界介质的侵蚀后发生

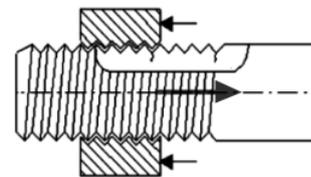


图 2.螺栓微裂纹

应力腐蚀开裂,导致其实际强度达不到出厂强度<sup>[3]</sup>。断裂前无明显征兆,呈现脆性断口形貌。因此在搭设过程中应及时对螺栓进行防腐保护。同时架体上不应放置过多材料,以改善螺栓及锚固构件受力情况。

连墙件、扫地杆、剪刀撑的主要作用是使立杆能够保持竖直以发挥其材料性能,避免失稳和侧翻。未设置扫地杆,整体强度下降约 30%,未设置剪刀撑,整体强度下降约 30%。因需承受交变风荷载,连墙件不应采用钢筋等柔性杆件<sup>[4]</sup>。

脚手架内立杆一般距建筑边缘 200mm 左右,间隙较大又缺乏有效防护时,人员及钢管易从该处掉落,成为高坠事故和物体打击事故的风险点。

总的来说,影响新型悬挑架体使用安全性的主要因素有以下三个:结构强度、架体负载、临边防护。

## 第三部分: 管理对策

1. 加强材料采购和租赁进场的管理,严格控制材料质量。

一些租赁单位将变形、锈蚀的钢管和扣件租赁给施工单位,导致脚手架承载力明显降低,从而引发坍塌事故<sup>[4]</sup>。因此材料进场后要第一时间对材料进行检查,以确定厚度及尺寸能够满足标准要求。对于旧钢管,锈蚀孔往往会被铁锈所填充,这些孔洞在未经处理前并不能明显观察到,如果钢管上发现一处因锈蚀导致的穿洞,往往意味着材料整体已经千疮百孔,不能继续使用。因此每年要对钢管、扣件进行一次除锈工作,并对严重锈蚀及变形的材料及时清退出场,以免工人误用。

对于高强螺栓,除对外观、产品合格证明进行检查外,安装及使用过程中还应避免其收到污染,确保防腐帽盖正常发挥作用。

### 2. 混凝土凝固时间与架体高度的关系

新型悬挑梁一般要求结构混凝土强度达到 5MPa 以上后才开始安装工字钢,达到 12MPa 后开始安装架体<sup>[1]</sup>。

现场常根据龄期估算其强度,但低温时砼强度随龄期增长的速率较慢,如 4℃ 条件下的 C30 混凝土,第一天混凝土

强度为其标号的 20%左右, 第三天才为 30%, 第五天为 40%, 21 天仅达 80%。因此在悬挑架工字梁搭设期间, 需关注当地气温情况, 适当延迟悬挑安装时间。

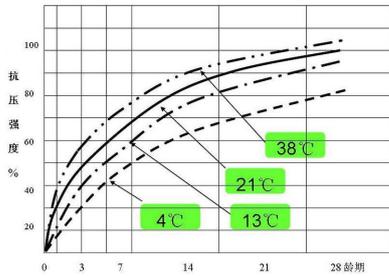


图 3.混凝土在不同温度下强度与龄期的经验规律

根据《建筑施工手册》第二版(江宋荣著)计算脚手架荷载, 得到搭设初期单根立杆的受力数值约与搭设高度大致相等, 如架体高度 10m 时单根立杆受力为 10kN。

由于混凝土的抗拉强度远低于其抗压强度(C30 抗拉强度仅 2MPa), 锚固螺栓类似于植筋<sup>[6]</sup>, 其破坏形式为锥状破坏(如图,  $\alpha=10\sim 15^\circ$ )。设锚固深度

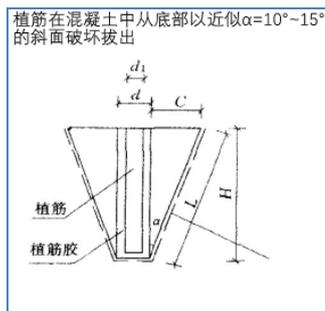


图 4.植筋拔出破坏形式

为 200mm, 通过计算锥状面积所能承受的抗拉力(式 1), 代入力矩平衡方程, 得到螺栓锚固处混凝土结构可承载的架体高度  $H \approx 12$  倍混凝土抗拉强度。

4°C下浇筑的 C30 砼结构, 龄期 1 天时能承受的架体高 5m 左右, 龄期 3 天时可以承受 7m, 5 天达到 9m, 大约两周左右才能达到 20m。

式 1: 短植筋抗拔力计算

抗拔力  $N1=f_t \cdot A_s \cdot \alpha_2$ , 图 4 中锥形侧面积  $A_s=\pi \cdot CL$ , 底面积较小, 不考虑其抗拉作用

式中:  $N1$ —植筋抗拔力, kN  $A_s$ —锥体斜面面积;  
 $f_t$ —抗拉强度, MPa  $\alpha_2$ —折减系数, 取 0.5~0.7

以上计算为假设锚固部分为素性混凝土时得到的结论, 可以看出, 安全裕量较小, 因此在螺栓预埋阶段, 必须避开建筑物的素性混凝土部分, 对于不能避开的, 需在浇筑前增设钢筋笼, 或是在预埋螺母时加设钢垫片。

考虑到浇筑初期砼强度较低, 且边角处悬挑梁受力更大<sup>[4]</sup>, 受压结构面可能产生较大的塑性形变, 因此在浇筑 3~5 天后才可开始安装架体, 具体按照工艺规定要求, 并且搭设过程中严禁在悬挑梁或钢管架体上放置任何重型材料。

3. 拉索预紧对悬挑端受力的影响。

钢丝绳(拉索)不仅仅是作为悬挑架的安全储备, 还可以承担 35%~40%的外加荷载<sup>[4]</sup>。但拉索在悬挑架的受力分析中并不参与计算, 因此没有引起有的施工单位重视。拉索预

紧力不够, 或是使用过程中, 没有定期检查钢丝绳使其保持张紧状态, 这样会明显降低整个悬挑体系的承载能力。

在搭设过程中, 除了要卸荷钢丝绳进行预紧外, 还需为其提供正常的工作条件, 使其与悬挑钢的角度在 45~60° 之间, 避免因与杆件、结构等冲突发生弯折, 并做好防腐措施。

4. 人员选配, 搭设过程把控及架体验收

搭、拆脚手架的操作人员必须是持证上岗的专业架子工, 优先选择熟练、安全意识强的作业班组。并向工人发放安全带, 作较为详细的交底。构件预埋及工字梁安装是脚手架质量风险的高发点, 监理及施工单位应在过程中实时监督现场员是否在按方案搭设, 发现问题及时指出, 起到监督和调节作用。

5. 高坠事故及物体打击事故的预防措施

建筑内的渣土、垃圾、钢管等常常倚靠、堆放于脚手架边缘, 容易从结构边缘滑落坠至下层, 在日常巡查过程中应及时清理转移, 并检查脚手板有无探头板、连墙件是否被拆除, 工人有无抛掷物体行为等。

6. 形变要求

脚手架使用过程要在特定位置与结构面做对齐标记, 方便对其形变程度进行观察, 每一悬挑段沉降变形应  $< 0.1\%H$ , 预警值为 2cm; 垂直度偏差  $< 0.3\%H$ , 预警值为 5cm。

当达到预警值时应停止使用, 采取应急措施, 并组织相关人员研究处理, 在确保安全的情况下对支撑系统进行加固。

#### 四、拆卸过程中的安全措施。

4.1 拆除前准备

拆除前应全面检查脚手架的扣件连接、拉结件、支撑体系等是否符合构造要求, 加固措施是否到位。必须在保证现有拉结点全部结实、可靠的前提下进行外架拆除作业。

拆架时应划分作业区, 周围设绳绑围栏或竖立警戒标志, 地面根据坠落半径设置安全警示区域, 安排专人监督, 禁止非作业人员进入。夜间、强风、大雨、雪、等特殊时段, 严禁进行脚手架的拆除工作。

4.2 分段拆除

脚手架拆除应分段逐层拆除, 分段高差不应大于 2 步, 连墙件随脚手架逐层解开, 严禁先将拉结件整层或数层拆除后再拆除脚手架。

拆架人员应避免单人进行拆除作业, 因单人作业极易因把持杆件不稳、失衡而出现事故。安全带应高挂抵用, 当无固定挂点时, 应采用具有满足强度的钢丝绳或其他牢靠方法, 禁止把安全带挂在可移动的构件上。

当天离岗时, 应及时加固尚未拆除部分, 防止存留隐患造成复岗后的人为事故。当脚手架拆至下部最后一根长立杆的高度(约 6.5m)时, 应搭设临时抛撑加固后, 再拆除连墙件。

结语

脚手架作业伴随整个主体施工的全过程, 其搭设、拆除及使用过程中均存在较大风险, 新型悬挑架较以往传统脚手架安全系数更低, 主要体现在对锚固端的配筋及混凝土质量

(下转第 82 页)

(上接第 85 页)

要求更高,应在安装阶段对结构砼强度进行监测,使用期间应按期检查拉索的张紧情况,确保架体能够保持应有的承载力。落架阶段重点监督班组规范操作情况,确保架体分段稳固降低,直至整个架体完成拆除。

#### 参考文献

[1]赵拯卫,叶柏龙,苏灿,赵梓元,蒋青青,蒋竞舶,蒋金津,童玲玲,刘应松.一种悬挑架梁侧全预埋安装搭设装置[P].湖南:CN205036070U,2016-02-17.

[2]房奇,陈涛,王伟.高强螺栓疲劳性能研究现状[J].结构工程师,2020,36(04):218-225.

[3]杨兴林,张俊苗,陈宇光.高强度螺栓应力腐蚀断裂过程的建模与仿真[J].南京航空航天大学学报,2009,41(01):130-133.

[4]高菲.建筑施工悬挑脚手架受力性能试验研究[D].郑州大学,2014.

[5]郑屹峰.建筑施工脚手架安全事故分析[D].中南大学,2010.

[6]楼正文,谢建民,章旭江.关于工程植筋技术的相关参数探讨[J].建筑施工,2005(03):64-66.

[7]孙世梅,梁友.2010-2016年建筑施工脚手架坍塌事故统计分析[J].《吉林建筑大学学报》2018年第4期33-36