

## 基于泉州欣佳酒店坍塌事故的钢结构设计安全性分析

唐泽明

广东海洋大学寸金学院, 广东 湛江 524094

**[摘要]**2020年3月7日晚19:30左右,一场噩耗传来,福建泉州鲤城区一钢结构酒店发生坍塌事故,71人被困废墟之中,事故发生后消防人员火速赶往现场救援,至12日晚间,历经112个小时的救援,搜救工作基本结束。最终,福建省泉州市欣佳酒店坍塌事故中的71名受困人员全部发现,其中29人死亡。此次事故造成的影响重大,事故的原因也是扑朔迷离,在网络上引起对工程安全的热议。文章结合本次事故的现场情况,分析了事故发生的原因,并通过本次事故的研究对钢结构建筑设计的安全性进行了分析。

**[关键词]**钢结构;工程安全;建筑设计

DOI: 10.33142/aem.v2i4.1992

中图分类号: TU712.4

文献标识码: A

## Safety Analysis of Steel Structure Design Based on Collapse Accident of Xinjia Hotel in Quanzhou

TANG Zeming

Guangdong Ocean University Cunjin College, Zhanjiang, Guangdong, 524094, China

**Abstract:** At about 19:30 p.m. on March 7, 2020, a bad news came from a steel structure hotel in Licheng District, Quanzhou, Fujian Province. 71 people were trapped in the ruins. After the accident, firefighters rushed to the scene for rescue. After the accident, firefighters rushed to the scene for rescue. By the evening of December 12, after 112 hours of rescue, the search and rescue work was basically over. In the end, 71 people trapped in the collapse of Xinjia Hotel in Quanzhou City, Fujian Province were found, 29 of whom died. The impact of the accident is significant, the cause of the accident is also confusing, causing hot discussion on engineering safety on the network. Based on the scene of the accident, this paper analyzes the causes of the accident, and analyzes the safety of steel structure building design through the study of the accident.

**Keywords:** steel structure; engineering safety; architectural design

### 引言

近年来,工程安全已然成为了当下的一大社会热点,预防工程事故的发生不仅仅是对个人生命负责,更是对家庭负责;同时,众多工程事故的发生吸引来了大量关注,连最普通的老百姓在茶余饭后也会调侃几句,例如,2019年10月10号无锡市北环路高架桥桥面倾覆事故;2020年3月7号福建泉州欣佳酒店坍塌事故;再到2020年5月5日虎门大桥出现异常抖动,虽然虎门大桥目前并未出现安全事故,但这几次事件都在网络上掀起了一波又一波的关于工程安全的大讨论。做好工程安全的科学理论研究和实践教学研究,培养学生工程安全意识至关重要。

### 1 福建泉州欣佳酒店坍塌事故原因分析

泉州欣佳酒店为7层钢结构建筑,目前官方定义本次坍塌事故为安全生产责任事故,该项目未履行基本建设程序,无规划和施工许可,存在非法建设、违规改造等严重问题,房屋业主发现房屋基础沉降和承重柱变形等重大事故前兆,仍然心存侥幸、继续违规冒险经营;地方相关职能部门监管不到位、“打非治违”流于形式,导致安全关卡层层失效,最终酿成惨烈事故。建筑结构出现损毁可总结为六大类原因:设计;加工;施工;改造;维护;天灾。以上原因中除天灾无法避开,其他的原因都可以通过科学的方法规避,其中设计是安全的源头,故就欣佳酒店可能存在的设计方面的原因作出如下分析<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 从荷载设计取值方面分析

按现行的荷载规范,荷载一般分为以下三类:(1)永久荷载(恒载),其值不随时间变化,或者变化可以忽略不计,例如结构自重、土压力、预应力,基础沉降,混凝土收缩,焊接变形等。(2)可变荷载(活载),在设计基准期间内,其值随时间变化。例如楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。(3)偶然荷载(特殊荷载或偶然作用),在设计基准期可能出现也可能不出现。例如爆炸力、撞击力,地震,台风雪崩等。

建筑的地理位置、气候条件、使用功能等都会影响最后的设计结果,如果不做科学的分析,荷载取值不满足荷载规范要求都会产生不可预料的后果。本次欣佳酒店的坍塌事故中,从目前的调查结果来看,建筑最开始的设计功能未知,后面经过多次使用功能变更,尤其是四到六层的酒店,有非常密集的隔墙,而且酒店往往为了保证隔音效果,会使用重型隔墙,这些隔墙加上酒店内部的家具、设备、装修材料,实际的荷载可能已经大大超过设计荷载,而且是顶部重,脚部轻。因此,欣佳酒店的首层钢柱很可能是长期承受了超出设计的荷载,逐渐变形直至失效。

### 1.2 设计时荷载组合不全

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状况及正常使用极限状况分别进行荷载组合,并应取各自的最不利的组合进行设计。本次事故的建筑刚开始施工的时候是2~5层没有楼面,后续改造中增加了楼层,如果后续的使用工况没有列入组合,那么结构将很容易应力超标,最终变形过大引起坍塌。

### 1.3 设计时钢结构的构造不合理

钢结构相对于混凝土结构,更加环保、高效,但是钢结构也具有结构上的弱点。钢结构的破坏多数是稳定性破坏,所谓的稳定性破坏指的是材料没有达到屈服强度而破坏,包括弹性失稳和弹塑性失稳都叫稳定性破坏。在钢结构中,斜向支撑对于钢结构稳定性、抗侧移起着至关重要的作用。除此之外,钢结构设计中需要重视节点的设计,节点设计要比构件的设计更重要。本次事故在短短两秒钟内坍塌,从坍塌图片中可以看到,首层柱子和梁的节点发生破坏,而且框架柱之间并没有斜向支撑或者侧向支撑,因此瞬间引起整个钢结构受力重新分布,导致连续性坍塌。

### 1.4 设计时安全余量不足

在进行建筑设计时除了要充分考虑荷载取值、工况组合、节点构造外,还要根据工程情况给予一定的安全余量。而结构工程师在进行设计的时候一般会给予充分的安全余量,也就是说结构的承载能力是有富余的。但是在欣佳酒店后期的违规改扩建过程中,这一余量被新增的荷载不断蚕食,最终使得其超过结构的承载能力。

### 1.5 设计时对后续使用功能的估计不足

建筑设计要提前跟甲方及建筑使用方充分沟通,对使用功能要有充分的预计,即使后期可以通过结构加固来处理,但是一次施工完成更为安全。而欣佳酒店的这一钢结构建筑数次改变其使用性质,这增加了设计预估的难度,也正是这个钢结构建筑的使用性质和使用功能的随意更改,给了事故发生的可能性。

除了设计方面,此次欣佳酒店坍塌事故还有很多非设计方面的因素。业主发现房屋基础沉降和承重柱变形,并没有及时做出加强补救措施,反而心存侥幸,继续危险施工,冒险经营;地方相关职能部门监管不到位,对于酒店,尤其是钢结构的建筑,安监局和住建局应该有备案,而且要定期进行检查,钢结构建筑使用性质和使用功能变更也需要相关部门批准通过后才能施工;施工单位在进行施工前需要相关部门批准,且施工单位必须具有钢结构施工资质,且要编制施工组织计划书。以上环节,从业主到相关职能部门,再到施工单位,但凡有一个环节真正具有工程安全意识,事故就不会发生<sup>[5]</sup>。

## 2 钢结构建筑安全性设计

实现钢结构建筑的安全性,除了保证构件的足够强度和刚度,钢结构的稳定性是必须要进行合理的设计来保证的。现就以下几点钢结构建筑中保证结构稳定性的安全性设计进行分析。

### 2.1 钢结构构件的长细比设计

长细比是指杆件的计算长度与杆件截面的回转半径之比,杆件的计算长度与杆件端部的连接方式有关,如固定端连接、铰接、自由端等,构件的长细比在钢结构设计中主要起的作用是钢结构偏心受压长柱承载力的计算,因为构件在外荷载作用下,钢结构构件发生弹塑性变会引起附加偏心矩,偏心距增大系数和轴心受压构件的稳定系数都与长细比有关<sup>[4]</sup>。另外在现行的钢结构规范中也规定了构件长细比的计算。总的来说长细比的计算主要是两个目的,第一,判断构件是否超过容许长细比的限值;第二,就是计算受压构件的稳定性。在实际的工程中,由于构件长细比设计不当会引起杆件弯曲失稳、弯扭失稳和局部失稳,无论是哪一种失稳情况,构件都会失去承载能力或者丧失整体稳定性。所以钢结构构件长细比的设计除了要满足规范规定的数值外,还要尽可能满足结构使用功能的同时缩小构件的长细比,避免长细比过大引起过多的不利影响<sup>[2]</sup>。

### 2.2 钢结构中钢柱与钢梁节点设计

相对于钢结构构件长细比的设计,钢结构节点的设计更为重要,因为如果节点出现了问题,构件自然就会失去作

用。钢结构设计中节点设计原则主要有三个，第一，强节点弱构件，也就是在设计时，节点的设计承载力高于连接构件的承载力，防止节点先于构件破坏，这样结构遭受破坏时，由于节点的承载力大，能够保证结构的整体性，结构不会出现瞬时倾覆坍塌，保证了人员撤离时间，减少人员伤亡及财产损失。但是，节点的强度也不能过高，留给构件一定的发挥其承载力的空间，使得构件及节点充分发挥其作用；第二，“强柱弱梁”，具体做法就是使框架结构塑性铰出现在梁端，用以提高结构的变形能力，防止在强烈地震作用下坍塌。设计时人为增大柱的设计弯矩，对梁的设计弯矩不增大，按照这样的弯矩设计，柱的抗弯能力得到增强，而梁的抗弯能力不变，即柱的能力提高程度比梁大。受到强震时，横梁会先于柱子破坏，横梁破坏属于构件破坏，是局部性的，柱子破坏将危及整个结构的安全甚至会导致整体倒塌，泉州欣佳酒店钢结构的坍塌即为柱子先于横梁破坏，后果自然非常严重。第三，强连接弱钢材，钢结构的节点一般有焊连接、高强螺栓连接和混合连接（焊接连接+高强螺栓连接）这三种主要连接方式，无论哪种连接方式，都要保证连接处承载能力大于构件（柱子、梁、斜支撑）的承载能力，保证构件屈服位置避开连接处<sup>[3]</sup>。

### 2.3 钢结构中斜向支撑和隔墙的设计

钢结构中设置斜向支撑和隔墙对空间进行隔断，满足不同的使用功能要求，斜向支撑和隔墙一般不属于承重构件。钢结构设计中，斜向支撑和隔墙虽然不承重，但是可以起到限制结构侧移的作用。如下图 1 所示钢架，在水平向荷载作用下有图 1 所示的侧移位移，且结构是结合可变结构，在图 2 中加上一根斜向支撑，结构就成为几何不变结构且同样的荷载作用下，结构不发生左图 1 所示位移状态。同理，隔墙也能起到限制钢结构侧移的作用。此次泉州欣佳酒店的坍塌，在一定程度上跟一层隔墙的拆除有关。

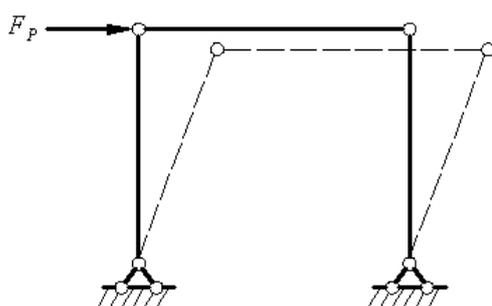


图 1 结构可变有侧移

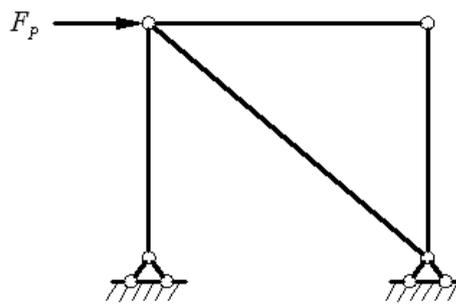


图 2 结构不变无侧移

### 3 结束语

工程结构安全问题没有小问题，工程结构的安全不仅关系着国计民生，更关系着千千万万个家庭的福祉。无论是钢结构建筑，还是钢筋混凝土框架结构建筑，或是剪力墙结构建筑等等，都需要在设计施工等一系列过程中做到安全至上，相关监督管理单位也要负好责把好关，真正做好各个环节才能真正保证工程结构安全。本文通过对泉州欣佳酒店事故原因分析，提出了钢结构设计中需要注意的设计问题，仅供钢结构设计人员参考。

#### [参考文献]

- [1] 梁冠华. 建筑工程钢结构稳定性设计分析[J]. 建材技术与应用, 2020(02): 34-36.
- [2] 安鸿彬, 王好强. 钢结构的稳定性及设计要点[J]. 住宅与房地产, 2020(12): 107.
- [3] 赵文东. 建筑钢结构设计要点分析[J]. 中国标准化, 2018(22): 53-54.
- [4] 王国平. 建筑工程中钢结构设计的稳定性原则与设计要点分析[J]. 住宅与房地产, 2019(18): 112.
- [5] 郝鹏. 建筑工程中钢结构设计的稳定性与设计要点探析[J]. 山西建筑, 2017(33): 34-35.

作者简介：唐泽明（1989-），男，广东湛江，工程师，研究方向：土木建筑结构。