

Summary of Research on Continuous Collapse Resistance of Beam Column Joints

Zhaoshan Zhang

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

Abstract

In recent years, with the vigorous development of the construction industry, steel structure buildings are more and more favored by researchers. With the deepening of research, the research of steel structure buildings under conventional loading tends to be perfect. However, the research on the continuous collapse of building structures under accidental load needs further research and supplement. Among them, the design method of using the middle column demolition method to study the damage of structures subjected to accidental loads has been adopted by the U.S. Geological Survey and the design code of the Department of defense. It has also become the main research method to study the resistance of steel structures to continuous collapse.

keywords

steel structure; middle column demolition method; progressive collapse

梁柱节点抗连续倒塌性能研究综述

张照闪

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056038

摘要

近年来,随着建筑行业的蓬勃发展,钢结构建筑越来越受到研究学者的青睐。伴随着研究的不断深入,钢结构建筑在常规受荷作用下的研究趋于完善。但是,在偶然荷载作用下导致建筑结构连续性倒塌的研究,还需要进一步的研究和补充。其中,采用中柱拆除法来研究结构遭受偶然荷载而破坏的设计方法,已被美国地质调查局和国防部设计规范采纳,也成为研究钢结构抗连续性倒塌的主要研究方法。

关键词

钢结构; 中柱拆除法; 连续性倒塌

1 引言

工程结构在偶然极端荷载(如撞击、爆炸等)的作用下可能会由于局部破坏而引起整体结构的连续倒塌,造成严重的生命财产损失以及恶劣的社会影响。1968年英国伦敦 Ronan Point 公寓由于爆炸导致上部构建不断坠落撞击下部构建而造成结构大面积连续性倒塌,使人们首次认识到结构连续倒塌问题的严重性;1995年的美国 Alfred P. Murrah 联邦大厦由于爆炸导致大厦底层柱失效而引发的连续倒塌,进一步促使人们对结构连续性倒塌的关注;2001年美国世贸中心双子塔受飞机撞击发生连续倒塌,将连续性倒塌问题的研究推向了高潮。

2 连续性倒塌的概念

对于连续性倒塌的概念,各国说法虽略有不同,但表

述内容基本一致。下面是几种被普遍认同的说法。

中国一般说法:结构连续性倒塌是指结构因偶然荷载造成结构局部破坏失效,继而引起与破坏失效构件相连的构件连续破坏,最终导致相对于初步破坏更大范围的倒塌破坏。

英国设计规范定义:结构的连续性倒塌是一种由于原结构承载模式或边界条件发生变化导致剩余结构在荷载和内力重分布后缺少可替代的荷载传递路径进而引起结构破坏的连锁反应,最终导致产生与初始破坏不成比例的大范围破坏现象。

美国土木工程师协会定义:在正常使用条件下由于突发事件的发生导致结构发生初始局部破坏,破坏从结构初始破坏位置沿结构传递,最终导致建筑物的整体倒塌或者造成与初始破坏部分不成比例的倒塌。

3 国际上的研究现状

结构连续倒塌试验主要基于拆除构件法,按照不同的加载方式,可分为静力试验和动力试验。静力试验能够得到

【作者简介】张照闪(1994-),男,中国山东菏泽人,硕士,从事钢结构梁柱节点研究。

结构倒塌抗力和抗倒塌机制,材料损伤逐渐演化过程的连续变化规律,但是倒塌过程中动力效应的影响被忽略。动力试验可以获得固定重力荷载下的结构动力响应,但在有限试验数量的限制下只对部分结构损伤和动力效应进行检验。因此两类研究的目标不同,但对于了解结构的连续倒塌机理都具有研究意义。

3.1 连续倒塌的理论研究

Izzuddin 等^[1]提出框架提供了一种评估不同结构理想化水平下结构稳定性的实用方法,它将影响稳定性的因素的讨论从泛泛而谈转向了量化。Vlassis 等^[2]介绍了一种面向设计的多层建筑连续倒塌评估方法的新原理。在拱起力矩区域上方的板中提供额外的钢筋通常可以对动荷载承载能力和变形能力产生有益的影响。

3.2 连续倒塌的试验研究

Yang 和 Tan^[3]介绍了在中柱拆除情况下常见类型螺栓连接钢梁柱节点性能的七个试验。实验结果表明,腹板螺栓连接在形成悬链线作用方面具有最佳性能。舒兴平等^[4,5]探究关键构件失效过程中节点位移及相关构件内力变化情况。并采用拆除构件法分别拆除角柱、短边中柱、长边中柱和内中柱,采用经验证的能力评价指标进行抗连续倒塌能力评价。

Li 等^[6]进行了钢梁柱结构连续倒塌试验,考虑了焊接连接与螺栓连接两种梁柱连接方式。完海鹰和郑晓清^[7]对半刚性节点钢框架的模型进行试验研究。Sadek 等对钢框架梁柱子结构分别采用无加强筋焊节点和狗骨节点连接进行了试验研究。试验结果表明,狗骨节点的延性高于无加强筋焊节点,并且狗骨式节点悬链线效应更为明显。

3.3 连续倒塌的数值模拟研究

Liu 等通过试验和数值分析研究了梁柱节点在突然脱柱情况下的动力性能。研究了腹板角钢钢梁柱节点在连续倒塌条件下的动力性能。利用通用有限元软件 ABAQUS 进行了

数值模拟。通过将仿真结果与试验数据进行比较,验证了三维有限元模型,进行了参数研究。Yang 等采用了6种连接方式进行了数值模拟,发现静态解算器比显式动态解算器能预测更精确的仿真结果。

4 结语

大量试验研究和数值模拟结果表明,钢结构连续倒塌破坏模式分为梁机制阶段和悬链线机制阶段。钢结构在大变形下全截面受拉承载力较高,只要节点变形能力足够,钢结构可以在悬链线机制下提供显著的连续倒塌抗力,梁柱节点的构造形式是钢结构连续倒塌破坏模式的决定性因素。

参考文献

- [1] Izzuddin B A, Vlassis A G, Elghazouli A Y, et al. Progressive collapse of multi-storey buildings due to sudden column loss-Part I: Simplified assessment framework[J]. *Engineering Structures*, 2008,30(9):1308-1318.
- [2] Vlassis A G, Izzuddin B A, Elghazouli A Y, et al. Progressive collapse of multi-storey buildings due to sudden column loss-Part II: Application[J]. *Engineering Structures*, 2008,30(9):1424-1438.
- [3] Yang B, Tan K H. Experimental tests of different types of bolted steel beam-column joints under a central-column-removal scenario[J]. *Engineering Structures*, 2013,54(5):112-130.
- [4] 舒兴平,胡佳,姚尧,等.装配式斜撑节点钢框架连续倒塌分析与机理研究[J].*建筑结构*,2015,40(17):54-58+82.
- [5] 舒兴平,毛家喜,袁智深,等.装配式斜撑节点钢框架抗连续倒塌能力评价[J].*工业建筑*,2015,56(10):13-17+35.
- [6] Li L, Wang W, Chen Y Y, et al. Experimental investigation of beam-to-tubular column moment connections under column removal scenario[J].*Journal of Constructional Steel Research*,2013(88):244-255.
- [7] 完海鹰,郑晓清.半刚性连接整体钢框架拟动力试验分析[J].*合肥工业大学学报*,2008,31(12):2013-2015.