

鲁棒性和抗连续倒塌技术的研究综述

王东镇, 蒙古彬*

北部湾大学 广西壮族自治区钦州

【摘要】 抗连续倒塌和鲁棒性是工程领域中的热门研究方向。连续倒塌不仅会导致人员伤亡和财产损失, 还会对社会经济发展带来严重影响, 而抗连续倒塌和鲁棒性技术旨在提高结构的抗倒塌能力、减少结构失效的概率, 并保持结构整体的稳定性。本综述将对抗连续倒塌和鲁棒性技术的研究现状、方法和应用进行了讨论和总结, 为相关领域的研究者和工程师提供参考和借鉴。

【关键词】 抗连续倒塌; 鲁棒性; 失效概率; 抗倒塌能力

【收稿日期】 2023 年 11 月 17 日 **【出刊日期】** 2023 年 12 月 18 日 **【DOI】** 10.12208/j.ijme.20230032

Review of studies on robustness and continuous collapse resistance techniques

*Dongzhen Wang, Zhanbin Meng**

Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi Zhuang Autonomous Region

【Abstract】 Resistance to continuous collapse and robustness are the most popular research directions in the field of engineering. Continuous collapse will not only lead to casualties and property losses, but also bring serious impact on social and economic development. The technology of continuous collapse resistance and robustness aims to improve the collapse resistance of the structure, reduce the probability of structural failure, and maintain the overall stability of the structure. This review discusses and summarizes the research status, methods and application against continuous collapse and robust technologies, so as to provide reference and reference for researchers and engineers in related fields.

【Keywords】 Continuous collapse resistance; Robustness; Failure probability; Collapse resistance

引言

在工程领域, 建筑物、桥梁、水坝等结构在其整个使用寿命内都会受到各种外部荷载的作用, 如风、地震、雨水等。然而, 这些外部荷载可能不断变化或突发异常情况, 导致结构处于复杂多变的工况下, 容易引发连续倒塌。连续倒塌不仅会导致人员伤亡和财产损失, 还会对社会经济发展带来严重影响, 因此, 提高结构的抗倒塌能力、减少结构失效概率以及保持结构整体的稳定性成为了工程领域研究的重点。抗连续倒塌和鲁棒性技术就是为了应对这一挑战而发展起来的。

1 抗连续倒塌研究

连续倒塌是指结构在受到外部荷载或其他不利作用下, 逐渐失去承载能力并最终发生全面崩溃的

过程。1968 年 5 月的 Ronan Point 公寓爆炸倒塌事件^[1]被视为引起人们对建筑物结构倒塌研究的典型事件, 研究人员发现该公寓在设计 and 施工过程中存在严重缺陷和安全隐患, 事件发生后, 英国政府采取了一系列措施来加强建筑物的安全。

1.1 连续倒塌的原因和机制

连续倒塌的原因可以是结构设计不合理、材料性能不足、施工质量差等多种因素。了解连续倒塌的机制对于制定相应的抗连续倒塌技术至关重要。例如, 连续倒塌可能由于结构中的某个关键部件的失效导致, 也可能是由于结构整体受到过大的外部荷载而引发。

抗连续倒塌技术可以分为结构调整、强化、隔离和监测等不同类型的。结构调整技术包括结构几何形

作者简介: 王东镇 (1998-) 男, 汉, 山东平度, 研究方向: 海洋工程装备与技术;

*通讯作者: 蒙古彬 (1979-) 男, 汉, 天津蓟县, 博士, 教授级高工, 研究方向: 船舶与海洋结构物设计技术。

态和刚度的改变,以提高结构的承载能力。而结构强化技术则通过增加材料或加固措施来提高结构的抗倒塌能力。隔离技术则是通过设置隔离层或隔离设备来减小外部荷载对结构的作用。监测技术则通过实时监测结构的行为和状态,及时发现异常情况并采取相应措施。

抗连续倒塌技术的发展历程经历了不断地探索和进步。最初的抗连续倒塌技术主要侧重于增加结构的刚度和强度,如增加柱子的截面尺寸和采用更坚固的材料等。随着研究的深入,更加细致和高效的技术得到了发展,例如采用先进的结构连接技术、使用高性能材料和增强结构的耐久性等方法。

1.2 结构设计和优化

抗连续倒塌技术的研究首先涉及到结构设计和优化。通过采用合适的结构形式、材料和构造方法,可以增加结构的抗倒塌能力。例如,采用抗震设计原则和增加结构的抗侧向力能力,可以提高结构的整体稳定性^[2]。此外,结构的几何形状和截面形式也可以通过优化设计来提高结构的抗倒塌能力。

结构材料是抗连续倒塌技术中至关重要的因素之一。不同材料的性能和特点对结构的抗倒塌能力有着重要影响。例如,高强度材料可以提供更大的承载能力和抗震性能,而耐久性好的材料可以减少结构受到腐蚀等因素的影响。研究人员通过对各种材料特性的研究,不断寻求更加适用于抗连续倒塌技术的材料,以提高结构的稳定性和可靠性。

1.3 抗连续倒塌技术的数值模拟与分析方法

数值模拟和分析在抗连续倒塌技术的研究中起着重要的作用。数值模拟方法可以帮助研究人员更好地理解连续倒塌机理,并评估不同抗连续倒塌技术的效果。通过建立结构的数学模型,并采用适当的数值方法和计算软件,可以对不同工况下的结构进行模拟和分析。通过仿真分析,可以评估结构的抗倒塌能力,并优化结构设计。常用的数值模拟方法包括有限元法、离散元法等。除了数值模拟方法,还有一些实验方法可用于抗连续倒塌技术的研究。通过搭建模拟实际工况的试验台,可以对结构进行加载测试,以验证和评估抗连续倒塌技术的有效性。

通过深入研究连续倒塌的原因和机制,探索不同类型的抗连续倒塌技术,并运用数值模拟和实验分析方法进行验证,可以为工程实践提供有效的解决方案,提高结构的安全性和可靠性。

2 鲁棒性技术研究

2.1 鲁棒性概念与原理

鲁棒性是控制系统理论中的术语,是指控制系统在一定(结构,大小)的参数摄动下,维持其它某些性能的特性。在控制工程理论,鲁棒性设计旨在为结构选择合适的设计参数和控制策略,以确保结构在不确定性因素下的良好表现。优化方法在鲁棒性设计中发挥着重要作用,通过模型和算法,寻找最佳的设计方案。常用的优化方法包括遗传算法、粒子群优化算法等,这些方法可以在多个设计变量和多个约束条件下寻求最优解。

在结构工程领域,吕大刚等^[3]认为结构鲁棒性是在发生偶然事件时对结构造成局部损伤的条件下,结构体系具有不发生整体失效后果与局部损伤原因不成比例破坏的一种能力,这是目前对于结构工程领域鲁棒性定义认可度最高的说法之一。一般地,当结构部分初始损伤不会导致整个结构不成比例破坏时,结构被认为是具有鲁棒性的^[4]。鲁棒性技术旨在增强结构对于不确定性因素的适应能力,以减少不确定性对结构性能的影响。

2.2 鲁棒性与结构的可靠性分析

鲁棒性技术与结构的可靠性分析密切相关。结构的可靠性是指结构在设计寿命内满足设计要求的概率。鲁棒性技术可以提高结构的可靠性,通过考虑不确定性因素和外部干扰,使结构在各种不利情况下仍能保持良好的性能^[5]。

鲁棒性与可靠性分析方法可以通过不同的概率分布和统计方法来评估结构的鲁棒性和可靠性。常用的方法包括蒙特卡洛模拟、极限状态法、响应面法等。这些方法可以通过考虑不确定性因素和参数的变化,评估结构在不同工况下的表现和可靠性。

2.3 鲁棒性技术在工程实践中的应用案例

鲁棒性技术已经在各个领域得到了广泛应用,并取得了一定的成果。例如,在桥梁设计中,鲁棒性设计可以考虑材料参数的不确定性和荷载变化对结构的影响;在机械装备设计中,鲁棒性技术可以提高设备在不同环境和工况下的性能稳定性;在水利工程中,鲁棒性技术可以改善水坝和堤坝的抗震能力。

工程实践中的案例研究可以帮助我们更好地理解鲁棒性技术的应用和效果。通过这些案例,可以总结出鲁棒性技术在不同类型结构和不同行业中的应用经验,为鲁棒性技术的进一步发展和推广提供参

考。

3 抗连续倒塌和鲁棒性的关联研究

3.1 抗连续倒塌与鲁棒性的关系及相互影响

抗连续倒塌和鲁棒性是密切相关的概念,二者在结构稳定性和可靠性方面具有相互影响。抗连续倒塌技术旨在提高结构对于突发和逐渐增加的荷载的承载能力,以避免结构的全面崩溃。而鲁棒性技术则关注结构在面对不确定性和外部干扰时的稳定性和性能。

抗连续倒塌和鲁棒性的关联主要体现在以下几个方面:

首先,抗连续倒塌技术可以增强结构的鲁棒性。通过合理的结构调整、强化和控制策略,提高结构的抗倒塌能力,使其在面对外部荷载变化和不确定性时能够保持稳定和良好的性能。例如,在地震区域,采用抗连续倒塌技术可以增强建筑物对地震波的适应能力,提高结构的鲁棒性。

其次,鲁棒性技术可以提供更好的结构抗连续倒塌能力评估。考虑到不确定性因素和外部干扰,鲁棒性技术可以帮助研究人员更准确地评估结构的抗倒塌能力。通过引入不确定性因素的统计分析和数值模拟,可以更全面地了解结构在不利工况下的行为和稳定性,从而为抗连续倒塌技术的设计和改进行提供依据。

最后,连续倒塌和鲁棒性技术的研究和应用可以相互促进。抗连续倒塌技术的设计和应用需要考虑不确定性因素的影响,并综合考虑结构的鲁棒性。而鲁棒性技术则需要借助抗连续倒塌技术来提高结构的稳定性和可靠性。因此,两者之间的关联研究可以推动抗连续倒塌和鲁棒性技术的共同发展。

3.2 结构参数对抗连续倒塌和鲁棒性的影响

结构参数的选择和调整对于抗连续倒塌和鲁棒性具有重要影响。结构参数的变化可以改变结构的刚度、强度和动力响应等性能,从而影响结构的抗倒塌能力和鲁棒性。

在抗连续倒塌技术研究中,结构参数的优化和调整可以提高结构的抗倒塌能力。例如,在地震区域,通过增加柱子的截面尺寸、设置加强筋等,可以提高结构的抗震能力,从而减轻连续倒塌的风险^[6];在鲁棒性技术研究中,结构参数的选择和调整可以改善结构的鲁棒性。通过合理选择材料参数、优化结构几何形态等,可以提高结构对于不确定性因素和

外部干扰的适应能力。

因此,抗连续倒塌和鲁棒性技术的研究需要综合考虑结构参数对于两者的影响。通过优化设计和合理调整结构参数,可以提高结构的抗倒塌能力和鲁棒性。

4 抗连续倒塌和鲁棒性技术的应用前景和挑战

4.1 抗连续倒塌和鲁棒性技术在不同类型结构上的应用前景

抗连续倒塌和鲁棒性技术在不同类型结构上的应用前景广阔。无论是在建筑、桥梁、水坝、飞机、船舶还是其他工程领域,都存在着对抗连续倒塌和鲁棒性技术的需求。例如,在地震高发区,抗连续倒塌和鲁棒性技术可以大大提高建筑物的抗震能力,保护人员的生命安全。在交通基础设施领域,采用抗连续倒塌和鲁棒性技术可以增强桥梁和隧道的承载能力,提高交通系统的可靠性和安全性。随着现代技术的不断进步,大数据、人工智能等技术的应用也为抗连续倒塌和鲁棒性技术提供了更广阔的应用前景。通过对结构行为和环境数据的实时监测和分析,可以实现对结构状态和性能的实时评估,提前预警和采取相应措施,从而进一步提高结构的抗倒塌能力和鲁棒性。

4.2 抗连续倒塌和鲁棒性技术面临的挑战和难题

抗连续倒塌和鲁棒性技术在应用过程中也同样面临一些挑战和难题,需要进一步研究和解决,主要分为如下几点:

(1) 抗连续倒塌和鲁棒性技术的设计和应用需要充分考虑不确定性因素和复杂的工况。然而,不确定性因素往往是多样的、难以准确估计的,这给抗连续倒塌和鲁棒性技术的设计带来了一定的困难。

(2) 抗连续倒塌和鲁棒性技术的应用需要充分考虑成本与效益的平衡。一方面,采用更加抗倒塌和鲁棒性的设计和施工方法可能会增加工程成本;另一方面,结构的抗倒塌能力和鲁棒性可以降低事故发生的概率,从而减少人员伤亡和财产损失。因此,如何在成本与效益之间找到平衡点,是工程实践中的一项重要挑战。

(3) 抗连续倒塌和鲁棒性技术的研究还需要支持和推动相关政策和标准的制定。相关政策和标准的制定将为抗连续倒塌和鲁棒性技术的应用提供指导,并促进技术的普及和推广。

(4) 抗连续倒塌和鲁棒性技术的应用需要不断改进和创新。随着科学技术的不断进步和工程需求的不断变化, 研究人员需要不断探索新的机制、方法, 以提高抗连续倒塌和鲁棒性技术的效果, 并解决实际工程中遇到的问题。

5 结束语

本综述介绍了抗连续倒塌和鲁棒性技术的研究现状、方法和应用, 并探讨了两者之间的关联研究。抗连续倒塌和鲁棒性技术的发展对于提高结构的稳定性、减少结构失效的概率具有重要意义。然而, 仍然存在一些挑战和难题需要解决。未来的研究应该注重优化设计方法、改进机制, 并在工程实践中充分应用抗连续倒塌和鲁棒性技术, 以提高结构的可靠性和安全性。

参考文献

- [1] Pearson C, Delatte N. Ronan point apartment tower collapse and its effect on building codes[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2005, 19(2): 172-177.
- [2] 谢甫哲. 钢框架结构连续倒塌计算分析与评估方法及试验研究[D]. 东南大学, 2012.
- [3] 吕大刚, 宋鹏彦, 崔双双, 等. 结构鲁棒性及其评价指标[J]. 建筑结构学报, 2011, 32(11): 11.
- [4] Baker J W, Schubert M, Faber M H. On the assessment of robustness[J]. Structural Safety, 2008, 30(3): 253-267.
- [5] 武清玺 -. 结构可靠度理论, 方法及应用[M]. 科学出版社, 2014.
- [6] 吴晓威. 钢筋混凝土框架结构地震倒塌及数值仿真研究[D]. 辽宁工程技术大学, 2008.
- [1] Pearson C, Delatte N. Ronan point apartment tower collapse and its effect on building codes[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2005, 19(2): 172-

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS