

桥梁抗震设计要点及减隔震技术的应用分析

刘海龙

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430074

[摘要] 桥梁抗震设计是一项重要的工程任务, 涉及到结构的稳定性和安全性。在设计过程中, 需要充分考虑地质条件、结构材料、支座类型等因素, 减隔震技术作为提高桥梁抗震性能的有效手段之一, 可以通过降低地震作用对桥梁的影响, 减少结构受力, 从而保障桥梁在地震中的安全性。文章结合当前桥梁抗震设计中存在的主要问题, 分析了桥梁抗震设计要点以及减隔震技术的有效应用策略, 以不断提高桥梁工程质量。

[关键词] 桥梁抗震; 设计要点; 减隔震技术

DOI: 10.33142/ec.v7i2.11134

中图分类号: U442

文献标识码: A

Application Analysis of Key Points of Seismic Design for Bridges and Seismic Reduction and Isolation Technology

LIU Hailong

Zhongnan Engineering Corporation Limited, Wuhan, Hubei, 430074, China

Abstract: Seismic design of bridges is an important engineering task that involves the stability and safety of structures. In the design process, it is necessary to fully consider factors such as geological conditions, structural materials, and support types. As one of the effective means to improve the seismic performance of bridges, seismic isolation technology can reduce the impact of earthquake on bridges, reduce structural stress, and ensure the safety of bridges in earthquakes. The article combines the main problems in current bridge seismic design, analyzes the key points of bridge seismic design and effective application strategies of seismic reduction and isolation technology, in order to continuously improve the quality of bridge engineering.

Keywords: bridge seismic resistance; design points; vibration reduction and isolation technology

引言

地震是一种破坏性极强的自然灾害, 其特性使得建筑结构的抗震性能成为关注的焦点, 桥梁作为公路交通的重要组成部分, 其受到地震威胁的风险不可忽视。一方面, 桥梁在设计时应考虑抗震性能, 桥梁结构应具备足够的强度, 能够在地震中承受来自地面振动的巨大荷载, 防止结构破坏, 还要在地震中能够发生适度的塑性变形, 吸收地震能量, 减小震害程度。另一方面, 可以应用减隔震技术。减隔震技术是一种通过介入结构与地震振动之间的相互作用, 减小结构受力的技术手段, 包括基础隔震、上部结构隔震和中部隔震等多种方式。其中, 基础隔震通过设置隔震支座, 使得桥梁结构能够在地震中相对独立地振动, 从而减小地震对结构的影响; 上部结构隔震则通过在桥梁上部设置隔震装置, 使得桥梁上部能够相对于下部自由振动; 中部隔震则是在桥梁中部设置隔震支座, 使得整个桥梁结构能够在地震中更为柔韧, 降低地震力的传递。基于此, 通过深入了解地震的力学特性, 不断完善桥梁抗震设计理论, 以及采用先进的减隔震技术, 可以有效提高桥梁结构在地震中的稳定性和安全性, 为城市交通基础设施的可持续发展提供有力支持。

1 桥梁抗震设计中存在的主要问题

1.1 上部结构限位措施设计不足

上部结构限位措施是指为了防止桥梁在地震中发生

过度变形而采取的一系列设计手段, 包括设置限位梁、耗能装置等。上部结构限位措施设计不足会导致在地震发生时桥梁结构受到过大的振动力而失稳或破坏。首先, 设计中未充分考虑地震引起的水平位移, 缺乏对桥梁上部结构进行充分约束的手段, 地震引起的水平振动可能导致桥梁结构产生过度的位移, 而如果上部结构的限位措施设计不足, 就难以有效地限制结构的位移, 增加了结构破坏的风险^[1]。其次, 设计未充分考虑结构材料的弹性和塑性变形特性, 导致在地震中无法发挥结构的最大抗震性能。上部结构限位措施应该根据结构的材料特性和地震作用的实际情况来合理设计, 以确保在地震中结构能够发生适度的塑性变形, 吸收地震能量, 而不至于失去稳定性。最后, 忽视了桥梁结构的非线性效应, 特别是在大位移地震作用下, 结构可能经历非线性行为, 而一些传统的线性设计方法可能不再适用。

1.2 支座类型选择不当

支座在桥梁结构中起着承载荷载、传递力和变形的关键作用, 而不当的支座类型选择可能导致结构在地震中无法有效地减缓振动或缺乏足够的柔韧性, 从而加大了结构破坏的风险。首先, 支座类型选择不当表现为刚性支座的过度使用。在一些设计中, 可能过度依赖刚性支座, 这样的支座无法提供足够的变形能力, 导致桥梁在地震中缺乏

对地震能量的吸收和分散机制。相反,选择适当的弹性支座类型,如橡胶支座或球面滚子支座,可以使桥梁在地震中具有更好的柔韧性,有助于减轻地震引起的应力和变形^[2]。其次,支座类型选择不当涉及到缺乏多样性和适应性。不同地区和桥梁结构的地质条件、设计荷载和地震作用都可能存在差异,因此在支座类型选择上应考虑到这些差异,选择适应性较差的支座类型可能导致在特定地震条件下结构受力不均衡,增加了结构的损伤风险。最后,对桥梁的长期使用和维护也应考虑在支座类型选择中,不适当的支座类型可能需要更频繁的维护或更短的寿命,从而增加了桥梁运营的成本和风险。

2 桥梁抗震设计要点

2.1 防落梁设计

落梁是指在地震发生时,桥梁上部结构的横梁或横梁端部发生坠落的现象,可能导致桥梁完全或部分崩溃。为有效应对这一问题,抗震设计应注重以下技术方面。首先,设计中应考虑采用合适的横梁连接方式,如粘结或锚固连接,以确保在地震发生时横梁不易脱落,同时应采用具有高抗震性能的横梁材料,如高强度混凝土或钢材,以增加横梁的抗震承载能力。其次,为减轻横梁自身荷载,设计中可考虑采用轻质材料或结构轻量化设计,以降低地震作用下横梁的惯性力,减小横梁的受力状况,对横梁连接点的设计要合理布置,确保在地震中横梁能够均匀受力,减少集中荷载对连接点的冲击。最后,为确保横梁在地震中不易发生破坏,应采用先进的监测技术,如位移传感器或振动传感器,实时监测横梁的变形情况,一旦监测到异常,可以及时采取措施,如紧急支撑或应急修复,以防止横梁的落梁现象。

2.2 防碰撞设计

桥梁抗震设计中,防止发生碰撞是确保桥梁在地震中长期运行的重要考虑因素。碰撞可能由于结构变形、振动引起的不稳定性等原因导致,因此需要在设计中采取一系列技术手段来预防碰撞问题。首先,应在桥梁结构中合理设置缓冲和减震装置,以吸收地震引起的能量,减小结构的变形,通过采用柔性支座或隔震装置,可以有效降低桥梁结构对地震的敏感性,减小碰撞的可能性。其次,结构的几何形状设计也应考虑到潜在的碰撞问题^[3]。通过合理设计桥墩、桥台等结构元素的形状和间距,可以降低在地震中产生碰撞的概率,采用圆形或斜坡形状的桥墩,可以减小地震引起的结构碰撞力,提高桥梁的整体稳定性。另外,碰撞预防还需要综合考虑交通负荷和桥梁结构的变形能力。在设计中,应该根据桥梁所在地区的交通流量和荷载特点,结合桥梁的抗震能力,采用适当的减速设施、标线和警示标志,以引导交通流畅、安全地通过桥梁。

2.3 防支座破坏设计

桥梁抗震设计中,支座是连接上部结构和下部结构的

关键部件,其稳定性直接影响到桥梁的整体抗震性能,为避免支座破坏引发的严重问题,抗震设计应该关注以下技术层面的要点。第一,支座的选择和设计应充分考虑桥梁的地震位移和变形。通过采用弹性支座、隔震支座或可调节支座等技术手段,可以使支座在地震中具有一定的变形能力,从而减小支座受到的地震力,保护支座的稳定性。第二,支座与梁底的连接方式要合理设计,确保在地震中能够有效传递荷载和防止支座脱落。采用高强度的螺栓连接或横梁底部设置支座限位梁等手段,可以增强支座与梁的连接强度,防止地震引起的支座脱落。第三,定期检测和维护支座是确保其正常功能的关键。通过使用传感器监测支座的位移和变形情况,及时发现潜在问题并采取修复措施,可以延长支座的使用寿命,提高桥梁的整体可靠性。

2.4 防墩台震害设计

桥梁墩台是桥梁结构的承重支点,其在地震中可能受到较大的水平和垂直振动力,因此需要重点关注墩台的抗震设计。首先,墩台的设计要考虑地震引起的水平位移,采用柔性墩台设计,如设置橡胶支座或基础隔震装置,可以有效减小地震作用下墩台的水平位移,降低墩台结构受到的地震力。这样的设计能够提高墩台的柔韧性,减缓地震作用对墩台的不利影响。其次,墩身的截面形状和尺寸也是关键因素。采用适当的截面形状和增加截面尺寸,特别是采用多边形或圆形的截面形状,有助于提高墩台的整体抗震性能。这样的设计能够减小墩台在地震中的应力集中程度,增加墩台的抗震能力。在地震设计中,还应考虑墩身和墩台连接部位的抗震能力,合理设置墩身和墩台连接处的支撑和防护措施,如采用横梁限位、设置支撑结构等,可以有效防止墩身和墩台在地震中发生过度倾斜或位移,保护墩台的稳定性。最后,抗震设计还要考虑墩台的基础设计,通过采用深基础或增加基础的承载能力,可以提高墩台的抗震性能,合理选择基础形式,如采用桩基础或基础加宽等措施,有助于提高墩台在地震中的整体稳定性。

2.5 防基础震害设计

基础承载了整个桥梁结构的荷载,因此在地震中受到的地震力和变形可能对基础产生不良影响。首先,基础的选择应考虑地震特性和地质条件。在抗震设计中,应进行详细的地质勘探,以了解桥址下方的地质结构和土壤特性,根据地质条件的不同,选择适当的基础形式,如扩大基础底面积、采用桩基础或使用隔震基础等。其次,采用抗震设计中的地基加固技术。通过在基础下方注浆灌浆、振动加密土层或设置地基加固桩等手段,可以改善基础土壤的抗震性能,减小地震引起的基础变形和沉降。另外,在设计中,应采用合适的悬臂梁截面和加强措施,以提高悬臂梁的抗震性能,这有助于减小地震作用对悬臂梁的影响,保护基础的完整性。最后,实施监测和定期检查基础的健康状况,使用传感器监测基础的变形和应力情况,定期进

行结构安全评估和维护,可以及时发现潜在问题并采取相应的修复措施,确保基础的稳定性和安全性。

3 减隔震技术的具体应用

3.1 铅芯橡胶支座装置

铅芯橡胶支座是一种常用于桥梁结构的减隔震技术,其主要原理是通过橡胶的弹性和铅芯的质量,实现对桥梁的减震和隔震效果。在其具体应用中,铅芯橡胶支座被设置在桥梁的支座位置,用于承载桥梁的重量,橡胶的弹性特性使其能够吸收地震引起的振动能量,而铅芯的质量则有助于降低桥梁的振动频率^[4]。通过这种方式,铅芯橡胶支座可以减小地震引起的结构位移,降低桥梁受到的地震力。此外,它还能够有效隔离地震能量的传递,防止地震作用传导到桥梁结构中,在技术层面上,铅芯橡胶支座需要考虑橡胶的耐久性和铅芯的稳定性,以确保长期有效地发挥减隔震作用。

3.2 粘滞阻尼减隔振装置

铅芯橡胶支座是一种常用于桥梁结构的减隔震技术,其主要原理是通过橡胶的弹性和铅芯的质量,实现对桥梁的减震和隔震效果。铅芯橡胶支座被设置在桥梁的支座位置,用于承载桥梁的重量,橡胶的弹性特性使其能够吸收地震引起的振动能量,而铅芯的质量则有助于降低桥梁的振动频率,通过这种方式,铅芯橡胶支座可以减小地震引起的结构位移,降低桥梁受到的地震力。此外,它还能够有效隔离地震能量的传递,防止地震作用传导到桥梁结构中,铅芯橡胶支座需要考虑橡胶的耐久性和铅芯的稳定性,以确保长期有效地发挥减隔震作用。

3.3 高阻尼橡胶支座装置

高阻尼橡胶支座是一种有效的减隔震技术,其核心在于利用橡胶的高阻尼特性,迅速吸收并耗散地震振动的能量,从而减小结构的振幅。在技术应用上,高阻尼橡胶支座通常被精确设计和安装在桥梁的支座位置,该支座由高阻尼橡胶垫层构成,其特殊的弹性和阻尼性质使其在地震发生时能够迅速减小结构的振动。在具体设计中,首要考虑的是高阻尼橡胶的材料选择,以确保其具备足够的阻尼性能和长期稳定性,高阻尼橡胶应具有良好的抗疲劳性、耐久性和温度稳定性,以适应不断变化的环境条件。在实际安装过程中,高阻尼橡胶支座通常被嵌入桥墩和梁之间,承担桥梁的荷载,这种位置的选择可以最大程度地减小地震引起的结构位移,支座的顶端通常连接到梁底部,通过合理的连接设计,确保高阻尼橡胶支座能够稳定地工作。

3.4 滑动摩擦性阻尼支座

滑动摩擦性阻尼支座是一种重要的减隔震技术,其设计旨在利用摩擦力的变化来减小桥梁结构在地震中的振动。滑动摩擦性阻尼支座通常包括摩擦表面和支座基座两个主要部分,摩擦表面采用特殊的摩擦材料,如涂有摩擦剂的表面或摩擦片,与基座相互摩擦,以实现结构的减震效果。第一,摩擦力的设计是滑动摩擦性阻尼支座的关键。通过调整摩擦表面的性质和表面积,可以控制摩擦力的大小。在地震发生时,由于结构振动,摩擦表面之间的相对运动将导致摩擦力的变化,从而吸收和分散地震振动的能量,减小结构的振动幅度。第二,合理设计基座的形状和尺寸,可以确保在摩擦过程中能够稳定地传递荷载,保护桥梁结构的完整性。第三,在实际应用中,滑动摩擦性阻尼支座通常被布置在梁与梁、梁与墩、梁与桥墩之间的连接位置,通过这种布置,桥梁结构的关键节点可以在地震中发生滑动,从而达到减小结构振动的效果。在技术层面上,需要充分考虑摩擦材料的耐久性、温度敏感性以及整个支座系统的抗震性能,以确保滑动摩擦性阻尼支座在桥梁抗震设计中发挥有效作用。

4 结束语

在桥梁抗震设计中,关注地震的力学特性、解决存在的设计问题,以及应用先进的减隔震技术,是不断提高桥梁工程质量的关键步骤。通过强调桥梁抗震设计的要点,可以有效提升桥梁在地震中的稳定性和安全性。同时,减隔震技术的应用,如铅芯橡胶支座和粘滞阻尼减隔振装置,可以为桥梁结构提供有效的地震减缓和隔离手段,给城市交通基础设施的可持续发展奠定坚实基础,确保桥梁的安全性能。

[参考文献]

- [1] 顾海浩. 桥梁抗震设计要点及减隔震技术的应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(29): 146-148.
 - [2] 胡迎新. 桥梁抗震设计要点及减隔震技术的应用分析[J]. 运输经理世界, 2022(26): 92-94.
 - [3] 李德富. 桥梁工程抗震设计要点研究[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(8): 56-57.
 - [4] 王志贤. 桥梁工程抗震设计要点[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(15): 27-29.
- 作者简介: 刘海龙(1991.2—), 汉族, 硕士研究生学历, 毕业院校为长沙理工大学。现就职中南勘察设计院集团有限公司。