

现时期公路桥梁设计及其抗震优化分析

许文杰

乌兰察布市震輿公路勘察设计有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘要: 通过深入分析现时期公路桥梁设计及其抗震优化的关键点。针对公路桥梁设计, 强调综合考虑地质条件、荷载需求及抗震性能的重要性。在抗震优化方面, 探讨了结构控制、延性设计、合理选择施工场地以及新型抗震设计方法的应用等策略。通过优化桥梁上部与下部结构, 并引入先进技术, 本文旨在提升公路桥梁的抗震能力, 确保其在地震等自然灾害中的稳定性和安全性, 为交通基础设施的可持续发展提供有力保障。

关键词: 公路桥梁; 设计; 抗震; 优化措施

1 公路桥梁设计的基本概念

公路桥梁设计是交通基础设施建设中的关键环节, 它融合了工程力学、材料科学、水文学、地质学及环境学等多学科知识, 旨在构建安全、经济、耐久且与环境相协调的通行结构。首先明确桥梁的跨越对象(如河流、海峡、山谷等)、交通流量、车辆类型及未来发展趋势, 以确定桥梁的通行能力及设计标准。根据地形地貌、水文地质条件及经济合理性, 选择适宜的桥型(如梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥等), 确保结构稳定、施工便捷。详细分析桥梁在运营期间可能承受的各种荷载, 包括恒载(结构自重)、活载(车辆、人群)、风载、温度效应、地震力等, 确保结构安全。依据设计寿命、经济性、施工条件等因素, 合理选择桥梁主体结构材料, 如混凝土、钢材、复合材料等, 以提高桥梁的耐久性和可持续性^[1]。设计中需充分考虑桥梁与周围环境的协调, 包括景观融合、生态保护、防洪排涝等, 确保桥梁建设对自然环境的影响最小化。通过合理的构造设计、材料防腐措施及定期维护计划, 提高桥梁的耐久性, 延长使用寿命, 减少后期维护成本。

2 抗震设计在公路桥梁中的重要性

抗震设计在公路桥梁中的重要性不言而喻, 它是确保桥梁结构在地震等自然灾害面前保持稳定性和安全性的关键措施。地震作为一种突发性强、破坏力大的自然灾害, 往往会对桥梁结构造成严重的损害, 甚至导致桥梁倒塌, 严重影响交通网络的畅通和人民生命财产的安全。在公路桥梁的设计阶段, 就必须充分考虑地震因素的影响, 通过科学合理的抗震设计, 提高桥梁结构的抗震性能。这包括选择合适的桥型、优化结构布局、加强关键部位的抗震构造措施、采用高性能的抗震材料等, 以确保桥梁在地震发生时能够保持足够的承载能力和稳定性, 减少或避免结构破坏和倒塌的风险。抗震设计还

涉及到对地震作用的预测和分析, 需要运用先进的工程技术和计算方法, 对桥梁结构在地震作用下的响应进行精确模拟和评估, 为设计提供可靠依据。

3 公路桥梁抗震设计的原理

3.1 结构控制

结构控制作为公路桥梁抗震设计中的一个核心原理, 其重要性在于它能够通过主动或被动的方式, 对桥梁结构在地震作用下的动态响应进行精细调控。主动控制策略利用先进的传感器、控制器和作动器系统, 实时监测地震动输入, 并据此调整桥梁结构的物理特性, 如刚度、阻尼或质量分布, 以实现地震力的主动抵消或减轻。这种技术虽然复杂且成本较高, 但能够显著提高桥梁在极端地震条件下的稳定性和安全性。另一方面, 被动控制则依赖于结构自身的物理特性和预先安装的减震装置, 如液体阻尼器、摩擦阻尼器、隔震支座等。这些装置在地震发生时能够自动启动, 通过吸收、耗散或转移地震能量, 减少结构振动幅度和加速度, 从而保护桥梁结构免受严重损坏。被动控制具有成本低、易于实施和维护的优点, 是当前公路桥梁抗震设计中广泛采用的方法。

3.2 延性设计

延性设计是公路桥梁抗震设计中另一个至关重要的原理, 它基于结构在地震作用下能够发生弹塑性变形并吸收大量能量的能力。在延性设计中, 首先需要考虑的是选择合适的结构材料和截面形式。钢材因其良好的塑性和韧性, 常被用作桥梁的主要受力构件, 以确保在地震时能够发生足够的变形而不发生脆性断裂。通过优化截面尺寸和形状, 可以进一步提高结构的延性性能, 加强关键部位的构造措施也是延性设计的重要组成部分。例如, 在桥墩底部设置塑性铰区域, 允许该区域在地震时发生可控的塑性变形, 从而吸收和耗散地震能量, 保

护桥梁上部结构免受破坏^[2]。延性设计的目标是在确保结构安全的前提下,实现经济合理的抗震性能,使得桥梁在地震后能够快速恢复交通功能,减少社会和经济损失。

4 公路桥梁抗震设计要点

在公路桥梁的设计过程中,抗震设计是确保结构在地震等自然灾害中保持稳定性和安全性的关键环节。

4.1 合理选择桥梁施工场地

合理选择桥梁施工场地是抗震设计的首要任务,它直接关系到桥梁结构在未来地震中的安全性和稳定性,应对拟建桥梁场地进行详细的地质勘察,了解场地的地形地貌、地层岩性、地质构造以及地下水文条件等基本情况。在此基础上,评估场地的地震危险性,包括地震峰值加速度、反应谱特征周期等关键参数。尽量避免将桥梁建设在地震活动频繁、地质条件复杂或存在潜在地质灾害风险的区域。如果无法完全避开不利场地,应采取相应的工程措施进行加固处理,如地基加固、桩基加固等,以提高桥梁结构的整体抗震性能。在选择桥梁施工场地时,还需考虑场地对桥梁结构动力特性的影响。例如,软土地基可能导致桥梁结构在地震中发生过大的水平位移和倾斜;而硬土地基则可能加剧结构的振动和冲击效应,应根据场地条件选择合适的桥梁基础形式,如扩大基础、桩基等,并通过合理的施工工艺和质量控制,确保基础与地基之间的良好连接和协同工作。

4.2 加强墩柱设计控制

墩柱作为桥梁结构的重要承重构件,其抗震性能直接影响到整个桥梁的安全性。在抗震设计中,加强墩柱的设计控制是至关重要的。根据桥梁的跨径、荷载以及地震动特性等因素,合理确定墩柱的截面尺寸和形状。一般来说,采用圆形或矩形截面的墩柱具有较好的抗震性能,因为它们能够均匀地传递地震力并减少应力集中现象。注重墩柱的配筋设计,合理的配筋不仅可以提高墩柱的承载能力,还可以增强其延性性能^[3]。在配筋设计中,应遵循“强柱弱梁、强剪弱弯”的原则,确保墩柱在地震中能够先于梁体发生破坏,从而保护桥梁上部结构的安全。此外,还应加强墩柱的横向联系和整体性设计,如设置横向系梁、加腋等构造措施,以提高墩柱在地震中的稳定性和抗侧移能力。

4.3 避免落梁问题的发生

落梁是桥梁在地震中常见的一种破坏形式,它往往导致桥梁功能的丧失和交通中断,在抗震设计中必须采取有效措施避免落梁问题的发生。首先,应合理设置桥梁的纵向和横向限位装置,如纵向挡块、横向限位器等,以限制梁体在地震中的过大位移和倾覆。这些限位

装置应具有足够的强度和刚度,以确保在地震作用下能够正常工作并有效防止落梁现象的发生。其次,应加强梁体与墩柱之间的连接设计,采用刚性连接或半刚性连接可以有效提高梁体与墩柱之间的协同工作能力,减少因连接失效而导致的落梁风险。在连接设计中,应注重节点的构造细节和施工质量,确保节点具有足够的承载能力和延性性能。还应考虑桥梁结构的整体稳定性和抗倾覆能力。通过合理设置桥梁的支撑体系和加强结构的整体刚度等措施,可以提高桥梁在地震中的稳定性和抗倾覆能力,从而进一步降低落梁风险。

4.4 合理设置支座

支座作为桥梁结构的重要组成部分,其抗震性能对桥梁的整体安全性具有重要影响。在抗震设计中,合理设置支座是确保桥梁结构在地震中保持稳定性和安全性的关键措施之一。应根据桥梁的跨径、荷载以及地震动特性等因素选择合适的支座类型。目前常用的支座类型包括固定支座、滑动支座和减震支座等。固定支座适用于跨径较小、地震动较小的桥梁;滑动支座则适用于需要释放温度应力和地震力的桥梁;而减震支座则具有良好的减震效果,能够显著降低地震对桥梁结构的破坏作用。在选择支座时,还需考虑其抗震性能参数如水平刚度、阻尼比等。这些参数直接影响到支座在地震中的工作性能和减震效果,应根据实际情况进行合理选择和调整以确保支座具有足够的抗震能力。在支座安装过程中应注重施工质量和精度控制,确保支座与梁体、墩柱之间的连接紧密可靠并符合设计要求。同时还应加强支座的维护和检查工作及时发现并处理潜在的问题和隐患以确保支座在地震中能够正常发挥作用并保护桥梁结构的安全^[4]。

5 桥梁抗震优化措施

在桥梁工程领域,抗震设计不仅是保障结构安全性的基本要求,也是提升桥梁整体性能、延长使用寿命的重要途径。随着科技的不断进步和抗震设计理念的深入发展,桥梁抗震优化措施日益丰富和完善。

5.1 桥梁上部架构抗震设计优化

桥梁上部架构作为承受车辆荷载和传递地震力的主要部分,其抗震设计优化对于提高桥梁整体抗震性能至关重要,应优化上部结构的整体刚度分布,确保结构在地震作用下能够保持稳定的形态和足够的承载能力。通过合理调整梁体截面尺寸、增加横向联系、设置纵向预应力筋等措施,可以有效提高上部结构的整体刚度和抗震性能。应注重上部结构的延性设计,延性是结构在地震中能够吸收和耗散地震能量的重要指标。在设计中,

应选用具有良好塑性和韧性的材料，如高性能混凝土和钢材，并优化配筋设计，确保结构在地震作用下能够发生可控的塑性变形而不发生脆性破坏。还应考虑上部结构与下部结构的协同工作，通过合理设置支座、调整支座刚度和阻尼特性等措施，可以实现上部结构与下部结构之间的良好连接和协同工作，从而进一步提高桥梁的整体抗震性能。

5.2 桥梁下部结构抗震设计优化

桥梁下部结构包括桥墩、承台和桩基等部分，是支撑上部结构并传递地震力的关键部位，下部结构的抗震设计优化同样重要。首先优化桥墩的截面形式和尺寸，桥墩作为抵抗地震力的主要构件，其截面形式和尺寸直接影响其抗震性能。通过采用合理的截面形状（如圆形、矩形等）、增加截面尺寸、设置钢筋笼等措施，可以提高桥墩的承载能力和抗震性能。其次，注重桥墩的延性设计，与上部结构类似，桥墩的延性也是衡量其抗震性能的重要指标。在设计中，应选用延性较好的材料，并优化配筋设计，确保桥墩在地震作用下能够发生足够的塑性变形而不发生脆性破坏。还应考虑桥墩与承台、桩基之间的连接方式和强度匹配问题，以确保下部结构在地震中的整体稳定性和安全性^[5]。对于高烈度地震区的桥梁工程，还应采取特殊的抗震措施，如设置减震支座、安装阻尼器等装置以降低地震对桥梁结构的冲击作用；采用隔震技术将桥梁结构与地基隔离以减少地震波的传递；以及采用冗余结构设计以提高桥梁在地震中的容错能力和生存能力等。

5.3 引进新型桥梁的抗震设计方法

随着科技的不断进步和抗震设计理念的深入发展，新型桥梁的抗震设计方法不断涌现。这些新型设计方法不仅提高了桥梁的抗震性能还推动了桥梁工程技术的创新和发展，基于性能的抗震设计方法（Performance-Based Seismic Design, PBSBD）是一种先进的设计理念。该方法以结构在地震中的性能表现为目标进行设计而非仅仅满足传统的强度或位移限制条件。通过综合考虑结构的安全性、适用性和经济性等因素制定合理的性能目标，

并据此进行结构设计和优化以实现最佳的抗震效果。基于位移的抗震设计方法（Displacement-Based Seismic Design, DBSD）也是一种重要的新型设计方法。该方法以结构在地震中的位移响应为设计控制参数通过控制结构的位移水平来确保结构的安全性和稳定性。该方法能够更直接地反映结构在地震中的实际工作状态和破坏机制为结构设计和优化提供更加科学合理的依据。随着计算机技术和数值分析方法的不断发展基于数值模拟和仿真的抗震设计方法也越来越受到重视，通过利用先进的数值模拟软件和仿真技术对桥梁结构进行精细化的建模和分析可以更加准确地预测结构在地震中的响应和破坏模式为抗震设计提供更加可靠的技术支持。桥梁抗震优化措施涉及多个方面包括桥梁上部架构和下部结构的抗震设计优化以及引进新型桥梁的抗震设计方法等。这些措施的实施将有助于提高桥梁的整体抗震性能保障其在地震等自然灾害中的安全性和稳定性。

结束语

现时期公路桥梁设计及其抗震优化是保障交通基础设施安全与稳定的重要课题。通过科学的设计理念和先进的抗震技术，可以有效提升桥梁的抗震性能，减少地震灾害对桥梁结构的破坏。未来，随着科技的不断进步和抗震设计理念的深化，公路桥梁的抗震设计将更加完善，为经济社会发展提供更加坚实的交通支撑。

参考文献

- [1] 罗晨.公路桥梁设计中优化公路桥梁各项功能和抗震构造的探讨[J].黑龙江交通科技,2021,44(05):106+108.
- [2] 魏晓强,吴登科.现时期公路桥梁设计及其抗震优化研究[J].工程建设与设计,2022(19):139-141.
- [3] 柯芳.公路桥梁的日常养护与修复措施[J].价值工程,2022,41(27):103-105.
- [4] 曹燕.公路桥梁沉降段施工技术应用探讨[J].工程建设与设计,2022(17):211-213.
- [5] 李鹏程.桥梁抗震设计关键点与减隔震技术的应用[J].交通世界,2022(24):83-85.