

公路桥梁抗震设计优化研究

吕智锐¹ 赵亚洲² 程存江³

1. 身份证号码: 2301051992****3728

2. 身份证号码: 2201831990****0617

3. 身份证号码: 2202821981****4118

摘要: 公路交通体系是现代社会经济的重要组成部分, 地震灾害是公路工程面临的主要风险之一。地震可能对桥梁结构造成破坏, 影响公路交通正常运行。因此, 研究公路工程桥梁的抗震性能, 提高其抗灾能力具有重要意义。

关键词: 公路桥梁; 抗震设计; 优化

Research on Seismic Design Optimization of Highway Bridges

Zhirui Lv¹ Yazhou Zhao² Cunjiang Cheng³

1. ID No.: 2301051992****3728

2. ID No.: 2201831990****0617

3. ID No.: 2202821981****4118

Abstract: The highway transportation system is an important component of modern socio-economic development, and earthquake disasters are one of the main risks faced by highway engineering. Earthquakes may cause damage to bridge structures and affect the normal operation of highway traffic. Therefore, studying the seismic performance of highway engineering bridges and improving their disaster resistance capabilities is of great significance.

Keywords: highway bridges; seismic design; optimization

1 引言

中国位于环太平洋地震带和亚欧地震带之间, 属于强震频率高、强度大、灾害严重的国家。强震的发生对公路桥梁工程的抗震性能提出了巨大的挑战。中国桥梁建设迅速发展, 公路桥梁工程建设逐步出现了多种高科技类型。施工技术水平明显提高, 但公路桥梁工程地震倒塌事故仍十分普遍。研究和调查表明, 影响公路桥梁工程抗震性能的因素很多, 包括抗震性能的设计水平、施工工艺等。抗震设计水平对桥梁施工后的实际抗震性能有着重大影响, 因此需要探索公路桥梁抗震设计中的常见问题和优化策略。

2 公路桥梁抗震的类型及原因

2.1 公路桥梁上部结构受地震灾害的影响

公路桥梁上部结构是地震破坏的重要部位。由于结构机制因素的影响, 地震荷载可能导致位移损伤。在设计桥梁上部结构的抗震性能时, 需要评估地震破坏因素, 分析桥梁的设计结构、桥面伸缩的变化, 调整桥梁的允许横向和纵向位移。当桥梁上部结构位移超过桥墩允许位移角时, 桥梁整体结构破坏较大, 主梁受损, 也存在梁落的风险(见图1)。



图 1 公路桥梁的上部灾害

2.2 桥墩的结构灾害风险

公路桥梁的桥墩是一种重要的荷载支撑结构。由于地震, 桥墩中间和底部受到不同频率的压缩和收缩振动, 失去桥墩整体的平衡和承载力, 使桥墩进入塑性状态, 形成塑性铰。当跨柱进入塑性状态时, 结构发生显著的变形和位移, 导致结构耗能系统混乱, 引起地震灾害。

2.3 基础震害风险

公路桥梁受到地震的影响。位于弱黏性土层或液化土层等地震不利区域的桥梁, 由于地震荷载, 地基会不均匀地

变形,地基荷载会降低。桥梁基础结构设计需要从各种不利因素入手,分析桥梁基础地震破坏的可能原因,根据基础结构的特点和要求,对沉降、滑坡、裂缝和滑坡等疾病进行评估和分析(见图2)。



图2 公路桥梁基础受损图

3 桥梁抗震设计的基本原理和方法

3.1 地震力的特点及对桥梁结构的影响

地震力是指地震过程中地震波产生的结构力。地震波具有瞬态、非线性、多频特性,对桥梁结构的影响涉及多方面。地震力给桥梁结构带来惯性力和显著的动荷载。地震波的大小和频率对桥梁结构的动力响应有重要影响。桥梁结构应承受强地震波,保持稳定性和完整性。地震波的振动引起桥梁结构的位移和变形,增加结构的内力和应力。这可能导致桥梁结构受损或疲劳损伤,影响其承载能力和使用寿命。

3.2 桥梁抗震设计的目标和要求

桥梁抗震设计的目标是在地震发生时使桥梁结构能够保持稳定性和完整性,使结构损伤最小化,使桥梁在地震后仍能安全使用。桥梁结构应具有足够的强度和刚度,并具有可靠稳定的传递路径,以承受地震引起的各种力和变形。结构设计应考虑地震荷载的特点,采用适当的地震计算方法,确保结构在地震荷载作用下的安全。桥梁结构具有明确可靠的位移约束,能有效控制结构的地震位移,防止落梁。桥梁结构应具有一定的耗能能力,以减少地震作用对结构的影响。通过合理选择材料、结构和连接方法,结构可以在地震过程中吸收和耗散能量,降低振动引起的破坏程度,避免一些结构构件故障引起的地震或重力承载力丧失。

3.3 抗震设计的基本原则和方法

桥梁抗震设计的基本原则是以预防为主,采取合理的抗震设计措施,减少地震对结构的影响。合理的结构布置和形式选择,可以提高桥梁结构的整体稳定性。施工中采用刚性节点,合理分配强度,能有效抵抗地震力的作用,减少结构的位移和变形。运用适当的材料和施工技术提高桥梁结构

的抗震性能。选用高强度、高韧性的材料,结合适当的钢筋和混凝土强度等级,可以提高结构的抗震承载力。采用减振免震技术,可有效减少地震力向结构的传递。阻尼器和隔离装置可以吸收和隔离地震波的能量,减少地震对桥梁结构的影响。进行全面的抗震分析和计算,确保设计方案的合理性和可行性。

4 公路桥梁抗震设计优化措施

4.1 结构优化措施

桥梁抗震设计中的结构改进措施旨在提高桥梁在地震作用下的稳定性和安全性。提高桥梁的整体刚度可以减少因地震引起的桥梁变形和振动。一般的方法包括增加桥墩的横截面尺寸和增加桥梁的纵向连续性。由此,能够有效地降低桥的动力响应,提高桥的抗震性能。桥梁连接处是易受地震影响的重要部位,这些加固对提高桥梁的抗震性能至关重要。采用钢板、钢筋等方法可以提高连接处的承载力,提高桥梁的整体稳定性。减振装置能有效降低地震引起的桥梁振幅,降低结构应力水平,提高桥梁的抗震性能。一般的缓冲装置包括摩擦阻尼器、液压阻尼器等。这些装置能够吸收和耗散地震能量,降低结构的应力响应。地震使桥梁受冲击荷载作用,可能对结构产生显著的动力响应。因此,在桥梁抗震设计中,需要考虑冲击荷载的影响来采取对策。这包括在桥墩底部添加防撞桥墩,增加桥面冲击剪切强度。受地震影响,桥梁可能发生沉降和横向位移,影响结构的稳定性和安全性。因此,在桥梁抗震设计中,需要充分考虑这些因素,进行相应的分析和改进。例如,可以采用提高桥墩基础承载力、提高桥墩抗滑稳定性等方法来提高桥梁的抗震性能。

4.2 进行延性抗震设计

在桥梁设计和施工过程中,需要明确哪些部分对地震力有重大影响,确定哪些部分需要进行延性抗震设计。通常,桥梁的塑性铰接构件容易发生非弹性变形,因此这些构件需要特别注意延性抗震设计。由于地震,结构发生一定程度的非弹性变形。合理的延性设计使结构在变形发生时能够保持比较完整,有助于减少地震对结构的影响,保护桥梁的稳定性。塑性铰接构件在地震过程中容易发生非弹性变形,应对相应构件进行充分加固,以提高结构的延性和抗震性能。应使用加强件和技术在地震时保持塑性铰接件的相对完整性。同时,应采用电容保护设计原则,确保结构系统中延性构件与电容保护构件之间产生强度等级差,结构损伤仅发生在延性构件的预选位置。常用的延性材料包括钢筋混凝土、高性能混凝土等,它们能在地震中充分发挥其延性性能。

4.3 桥梁减震隔震设计

免震设计作为一种先进的抗震技术,可以有效地降低地震对结构的影响,降低桥梁损坏和倒塌的风险。该技术的应用可大大提高桥梁的抗震性能,确保其在地震中的稳定性。减振免震技术主要应用于桥梁支撑体。支撑体是桥梁与

基础之间的连接构件,也是易受地震应力影响的重要构件。通过在该区域设置减振装置,可以吸收和分散地震时的地震力,减少地震对支座的影响,保护桥梁整体的稳定性。在设计阶段,需要进行抗震性能试验和分析,以了解桥梁的抗震条件。根据试验结果,优化设计方案,选择合适的减震装置,充分利用桥梁的抗震性能。在地震作用下,支撑体往往受到巨大的水平力和垂直力,容易产生裂缝和位移。隔离技术的应用可以有效地减少这些问题,保证支架的完整性和稳定性。此外,通过优化结构尺寸,可以提高桥梁的抗震性能,在地震期间可以承受更大的力,确保稳定性。

4.4 监测与评估手段

监测与评估方法在桥梁抗震控制中起着重要作用。通过对桥梁结构的实时监测和定期评估,可以及时了解结构的健康状况,识别潜在问题,采取相应的维护和加固措施。传统的桥梁监测方法主要包括外观检查、物理检查和结构检查。目视检查是目视观察桥梁表面状况如裂缝、变形等的最常用方法,以确定结构是否存在问题。物理测试包括使用位移测量、振动测试等各种设备的结构测量和测试。结构试验包括在桥梁上设置监测点,收集结构的动力响应数据,分析其动力特性和抗震性能。随着技术的发展,现代桥梁监测与评估方法更加多样化、高效。其中,非破坏检测技术是一种非破坏检测方法,采用超声波、红外线、电阻率等技术对结构进行检测,可获得混凝土质量和钢材腐蚀等内部信息。该技术具有精度高、效率高的特点,能够在不破坏结构的情况下获得全面的结构信息。传感器技术也是现代桥梁监测与评估的重要手段之一。通过在桥梁结构上设置应变仪、加速度计、位移传感器等各种传感器,可以实时监测结构的变形、

振动等参数,并将数据传送到监测中心进行分析处理。从而及时发现结构异常变化,警示安全隐患,为结构维护加固提供科学依据。

5 结语

综上所述,随着中国交通运输业的加速发展,人们对公路桥梁的稳定性和结构承载性能提出了更高的要求。为了有效提高公路桥梁抗震设计的有效性和规范性,不仅要加强公路桥梁结构各部分的协调设计,还要加强抗震措施的科学应用,对抗震设计中存在的问题进行良好的改进,提高公路桥梁的抗震性能和整体安全性,为促进中国公路桥梁工程有序发展打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 王克海,张秉哲,郭威佐.中小跨径桥梁抗震的概念设计与构造措施[J].建筑科学与工程学报,2022,39(2):30-35.
- [2] 郭维强,BRISEGHELLABRUNO,薛俊青,等.无伸缩缝桥梁动力特性与抗震性能研究[J].建筑科学与工程学报,2021,38(4):89-100.
- [3] 许见超.铁路桥梁抗震规范与新版公路桥梁抗震规范的比较[J].世界地震工程,2021,37(4):189-196.
- [4] 郑梦洋,梁喜燕,宋旭明,等.整体式桥梁动力特性及抗震性能研究[J].地震工程学报,2023,45(6):1369-1376.
- [5] 陈春贵.材料劣化的钢筋混凝土桥梁抗震性能[J].广东建材,2023,39(9):119-123.

作者简介:吕智锐(1992-),女,本科,工程师,从事公路工程桥涵设计研究。