

市政道桥工程中的抗震设计与加固技术

刘洋

(安徽宏致建筑工程有限公司, 安徽 安庆 246000)

【摘要】市政道桥作为城市交通的枢纽,其抗震设计和加固技术对于确保桥梁的安全性和稳定性至关重要。本文旨在全面探讨市政道桥工程中的抗震设计与加固技术,通过深入研究和分析,为提高市政道桥的抗震性能提供理论依据和技术支持。

【关键词】市政道桥; 抗震设计; 加固技术; 桥梁安全性

引言:

市政道桥在城市交通中占据着举足轻重的地位,其安全性和稳定性直接关系到城市交通的顺畅和人民生活财产的安全。近年来,全球地震灾害频发,对市政道桥的抗震性能提出了更高的要求。因此,本文将从抗震设计和加固技术两个方面进行深入研究,以为市政道桥工程的建设和维护提供有益的参考。

一、市政道桥的抗震设计

(一) 抗震设计的重要性

抗震设计的重要性不仅体现在对现有桥梁的保护,还在于对新建道桥的预先规划。通过科学的抗震设计,可以在初始阶段就确保桥梁结构的耐震性能,避免在地震发生后进行昂贵且复杂的加固工程。这一策略有助于节省资源,提高工程的经济效益,同时也减少了对环境的影响。抗震设计的重要性还体现在对人类活动和自然环境的综合考虑。随着可持续发展理念的深入,抗震设计不仅要考虑结构的物理强度,还要兼顾生态影响、社会需求以及未来发展的可能变化。因此,一个优秀的抗震设计方案,应当是结构、环境、经济和社会效益的综合平衡,以实现道桥工程的长远可持续。

(二) 抗震设计的原则和方法

1. 抗震设计原则。抗震设计原则是指导市政道桥工程安全、高效抵抗地震影响的基础。它们旨在确保桥梁在地震发生时,能够维持或迅速恢复其基本功能,同时保护使用者的生命财产安全。以下是几项关键的抗震设计原则:预防优于治理。在设计阶段,应充分考虑未来可能遭遇的地震烈度及桥梁结构在不同地震条件下的反应,以此为依据,预先进行周密的抗震考量,而不是等到灾害发生后再进行加固。这样可以避免或减少因地震导致的桥梁破坏,节省大量修复成本,同时降低灾害对社会运行

的冲击。整体性与局部性相结合。抗震设计应兼顾桥梁的整体结构与各个关键部位,如桥墩、桥台、梁体等,确保这些部位在地震中能够协同工作,避免局部失效导致的整体崩溃。同时,针对不同桥梁类型,如梁桥、拱桥、斜拉桥等,应根据其独特的受力特点,制定针对性的抗震策略。性能设计与 detailing 设计的结合,性能设计关注桥梁的总体抗震能力,而 detailing 设计则关注结构的细节,包括连接件、支撑、节点等。两者相结合,能够确保桥梁不仅在宏观上具备良好的抗震性能,微观细节也经得起地震考验。可修复性,在设计中,应预留一定的冗余度和可调整性,以便在地震后能够快速进行修复和恢复使用。同时,应选择易于维护和更换的材料和部件,降低未来维修成本。环保与经济性,选择环保材料,降低施工过程中的环境影响,同时优化设计以减少材料和能源的消耗,实现经济效益和环保效益的双重提升。

2. 抗震设计方法。基于性能的设计(Performance-Based Design, PBD)是一种现代化的抗震设计方法。这种设计方法以结构的预期性能作为设计目标,而不是单纯追求满足某个特定的设计规范或标准。通过模拟不同地震条件下的桥梁反应,设计师可以预设可接受的性能指标,例如最大位移、最大裂缝宽度等,从而确定结构的参数和配置。这种方法使得设计更加灵活,可以针对不同桥梁结构和地震环境进行优化。非线性分析能够模拟结构在地震荷载作用下的复杂变形,如材料的非线性、几何非线性以及动力学效应。通过非线性分析,设计师可以精确预测桥梁在地震中的响应,从而确定最佳的抗震设计策略。再者,计算机模拟和有限元分析是现代抗震设计的重要工具。这些技术能够模拟桥梁在地震下的反应,预测潜在的破坏模式,以及分析不同设计变化的影响。通过计算机模拟,

设计师可以进行大量的虚拟实验，优化结构设计，提升桥梁的抗震能力。通过评估桥梁的现有结构和性能，设计师可以确定最佳的改造方案，如增加支撑、更换材料、改变几何形状等。改造不仅可以提升桥梁的抗震性能，还可以延长其使用寿命。通过安装传感器和监测系统，可以实时监测桥梁在地震中的反应，获取宝贵的第一手资料。这些资料可以用于优化设计，同时也可以为未来的桥梁建设提供经验教训。

二、市政道桥的加固技术

（一）加固技术的必要性

弥补设计缺陷：对于那些在设计时未充分考虑地震影响的桥梁，或者遵循的是过时的抗震标准，加固技术可以弥补这些遗留问题，提升桥梁的抗震等级。例如，通过增设支撑系统、增加截面尺寸或采用粘滞阻尼器等方法，可以显著改善桥梁的抗震性能，使其更能抵抗地震带来的冲击。**适应环境变化：**随着城市的发展，桥梁的使用环境可能会发生变化，如交通流量的增加、周边建筑物的增高等，这些因素都可能对桥梁结构产生新的压力。通过加固，可以使桥梁结构能够适应这些新的环境条件，维持其在地震中的稳定。**延长使用寿命：**适当的加固可以延长桥梁的使用寿命，减少因结构老化导致的频繁维修或替换，从而节省了大量的维护成本和资源。同时，通过加固，还能确保桥梁在使用寿命期内始终具备足够的抗震能力，保障公共安全。**显著的社会效益：**在灾后重建中，加固现有桥梁通常比新建桥梁更加经济高效，能够更快地恢复交通，减少对城市运行的影响，同时也将因灾害造成的经济损失降至最低。

（二）常见的加固技术及其原理

1. 加大截面加固法。加大截面加固法是市政道桥工程中常见的一种结构加固手段，尤其适用于桥梁受力构件承载力不足的情况。这种方法的主要原理是通过增加构件的横截面积，以提高其抗弯、抗剪和抗扭能力，从而增强桥梁的抗震性能。在实际操作中，通常会采用焊接、外包混凝土、外包钢板或增设钢筋等方法来实现截面的扩大。加大截面加固法的实施步骤通常包括以下几个环节：**设计计算与分析：**首先，对需要加固的构件进行详细的结构分析，包括承载力计算、地震作用下的响应分析以及加固后的效果预测。这一阶段需要确保加固后的结构满足新的设计规范和性能要求。**施工方案制定：**根据分析结果，制定详细的施工方案，包括选择合适的加固材料、确定施工工艺、估算工程量和预算，以及制定施工期间的交通管制和安全措施。**现场施工：**在确保安全的前提下，

进行现场施工。对于增强钢筋混凝土构件，可能需要切割原有的混凝土，然后植入钢筋并补灌混凝土；对于钢结构，可能需要焊接附加的钢材或通过外包钢板增加截面。**质量监控与验收：**施工过程中，需要进行严格的质量监控，确保新旧结构的可靠连接和加固材料的性能符合预期。施工完成后，通过无损检测、荷载试验等方式，验收加固效果，确认其达到预期的抗震性能提升。

2. 体外预应力加固法。体外预应力加固法是另一种常见的市政道桥结构加固技术，这种方法涉及在桥梁现有的受力构件外增设预应力系统，以增加其承载能力和抗风、抗震性能。体外预应力加固法基于预应力原理，通过在构件外部施加张力，使构件内部产生预应力，从而提高其承载能力和抵抗变形的能力。这种方法适用于许多类型的桥梁，特别是那些需要增强承载能力或结构刚度的桥梁。体外预应力加固法的具体操作主要包括以下步骤：**设计计算和分析：**首先，对需要加固的桥梁结构进行详细的分析，包括承载力计算，地震响应分析以及预应力系统的性能预测。这一阶段应保证预应力加固后满足新的设计规范和性能要求。**施工方案的制定：**根据设计分析结果，确定预应力材料、预应力筋的规格和位置、预应力张拉设备以及施工顺序。同时，也需要制定施工期间的交通管制措施和安全策略。**现场施工：**在确保安全的前提下，进行预应力筋的安装、张拉以及锚固，同时保证新旧结构之间可靠连接、预应力筋张拉到位。**质量监控与验收：**施工过程中要进行严格的质量监控，确保预应力筋的安装与张拉符合设计要求。施工完成后，通过无损检测或荷载试验等方法，验收加固效果，确保其达到预期的抗震性能提升。

3. 粘贴钢板加固法。粘贴钢板加固法是市政道桥工程中一种常见的结构增强技术，尤其适用于那些因承载能力不足、疲劳损伤或耐久性问题而需要强化的桥梁。该方法主要原理是将高强度的钢板通过高强度的黏合剂粘贴在桥梁的受力部位，以增强结构的承载能力和抗地震性能。这种方法特别适用于那些改造空间有限，或者需要尽量减少对桥梁原结构影响的加固项目。实施粘贴钢板加固法时，通常遵循以下步骤：**设计计算与分析：**首先，对需要加固的桥梁结构进行详细诊断，确定需要增强的部位，并进行承载力分析、地震响应模拟，以及粘贴钢板后的结构性能预测。这一阶段的目标是确保加固后的桥梁满足新的设计规范和抗震要求。**施工方案制定：**根据分析结果，

制定施工方案，包括选择合适的钢板材料、粘合剂、施工位置和处理方法，以及制定施工期间的交通管制和安全措施。现场施工：在保证安全的前提下，对桥梁表面进行清洁和处理，确保粘贴面的平整和清洁。接着，将预处理的钢板与粘合剂按预定的工艺进行粘贴，确保新旧结构之间的可靠连接。固化与质量监控：在粘贴完成后，需要保证粘合剂在规定时间内充分固化，同时进行严格的质量监控，包括固化过程的温度和湿度控制，以及固化后的表面平整度检查。验收与性能测试：固化完成后，通过无损检测、荷载试验等方式，验收加固效果，确认其达到预期的抗震性能提升。必要时，可能需要进行一段时间的监测，以确保加固效果的持久性。

4. 碳纤维加固法。碳纤维加固法是市政道桥工程中一种先进的结构强化技术，尤其适用于那些因承载能力不足、疲劳损伤或耐久性问题而需要强化的桥梁。该方法主要原理是将高强度的碳纤维布通过高强度的黏合剂粘贴在桥梁的受力部位，以增强结构的承载能力和抗地震性能。碳纤维具有轻质、高强、耐腐蚀的特性，使得这种方法在提高桥梁性能的同时，尽可能地减少对原有结构的影响。实施碳纤维加固法通常遵循以下步骤：设计计算与分析：首先，对需要加固的桥梁结构进行详细诊断，确定需要增强的部位，并进行承载能力分析、地震响应模拟，以及碳纤维加固后的结构性能预测。目标是确保加固后的桥梁满足新的设计规范和抗震要求。施工方案制定：根据分析结果，选择合适的碳纤维布材料、粘合剂、施工位置和处理方法，并制定施工期间的交通管制和安全措施。现场施工：在保证安全的前提下，对桥梁表面进行清洁和处理，确保粘贴面的平整和清洁。接着，将预处理的碳纤维布与粘合剂按预定的工艺进行粘贴，确保新旧结构之间的可靠连接。固化与质量监控：在粘贴完成后，保证粘合剂在规定时间内充分固化，同时进行严格的质量监控，包括固化过程的温度和湿度控制，以及固化后的表面平整度检查。验收与性能测试：固化完成后，通过无损检测、荷载试验等方式验收加固效果，确认其达到预期的抗震性能提升。必要时，可能需要进行一段时间的监测以确保加固效果的持久性。

三、抗震设计与加固技术的综合应用

在设计阶段，设计师需要充分考虑未来可能遭遇的地震烈度，并运用基于性能的设计方法，确保桥梁在不同地震条件下的稳定性和功能维持。结合

非线性分析，可以精确预测桥梁在地震中的行为，从而确定最佳的结构配置和施工细节。此外，通过选择环保和经济的材料，可以在优化抗震性能的同时，降低工程成本并减少对环境的影响。对桥梁进行细致的评估后，可制定针对性的加固策略，如加大截面、体外预应力、粘贴钢板或碳纤维加固。在选择加固方案时，不仅要考虑增强桥梁的抗震性能，还要兼顾施工的可实施性、对交通的影响以及对桥梁原有外观和结构的保护。例如，对于那些有历史价值的桥梁，可能需要采用更保守、对原结构破坏较小的加固方法，如粘贴碳纤维。在设计阶段，通过科学的地基分析，可以选择最适合的处理技术，如桩基、地下连续墙或预应力锚固，以增强桥梁的地震稳定性。而在加固工程中，地基处理同样不可或缺，可能需要对原有地基进行强化，以提高桥梁的整体抗震性能。严格遵循施工规程，确保每一步骤都符合设计要求，是保证加固效果的关键。通过现场监测和反馈系统，可以实时评估加固效果，对设计进行调整，确保最终的抗震性能达到预期。同时，施工过程中的交通管制和安全措施也必须得到妥善安排，以最小化对城市运行的影响。

结束语：

综上所述，市政道桥的抗震设计与加固技术对于确保桥梁的安全性和稳定性具有至关重要的意义。面对地震灾害的频繁发生，我们必须高度重视市政道桥的抗震能力，通过科学的抗震设计和有效的加固技术，提升其抵御地震的能力。这不仅关系到城市交通的顺畅，更关乎人民生命财产的安全。未来，我们应继续深入研究抗震设计与加固技术，不断创新和完善相关方法，为市政道桥的安全保驾护航。同时，加强相关人员的培训与教育，提高他们的专业素质和技能水平，也是确保市政道桥抗震性能的关键。让我们共同努力，为建设更安全、更稳定的市政道桥贡献力量。

参考文献：

- [1] 纪丹琳，乐玥. 市政道路桥梁设计中的抗震加固设计要点分析 [J]. 交通世界，2020（33）：66-67.
- [2] 冯杰，田彦. 山区道路市政道路桥梁抗震设计与抗震加固措施研究 [J]. 交通世界，2020（31）：97-98.
- [3] 左维，汪竹英. 减抗震加固技术在市政道路桥梁结构设计中的应用 [J]. 交通世界，2020（31）：114-115.