

# 桥梁结构抗震性能改进的技术研究

蔡文瑾, 宋翔

江西景泰路桥工程有限公司, 江西 景德镇 333000

**摘要:** 本文着重分析了桥梁结构抗震设计的重要意义, 探讨了桥梁结构抗震性能的评估标准, 并对有效改进桥梁结构抗震性能的关键技术展开了相关研究, 以整体提高桥梁结构的抗震性能, 建成互联互通的桥梁基础设施, 取得最大化的成本效益, 促进建筑行业的可持续发展。

**关键词:** 桥梁结构; 抗震性能; 改进技术

**中图分类号:** U445.7+2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2022060100

## Technical Study on Improvement of Seismic Performance of Bridge Structures

Cai Wenjin, Song Xiang

Jingde Town Highway Engineering Co.,Ltd., Jiangxi, Jingdezhen 333000

**Abstract:** This paper focuses on the analysis of the significance of seismic design of bridge structures, discusses the evaluation criteria of seismic performance of bridge structures, and carries out related research on the key technologies to effectively improve the seismic performance of bridge structures, in order to improve the overall seismic performance of bridge structures, to build an interconnected bridge infrastructure, to maximize the cost-effectiveness, and to promote the sustainable development of the construction industry.

**Key words:** bridge structure; seismic performance; improvement technology

### 引言:

桥梁结构的抗震设计, 使桥梁工程能够更好地应对地震灾害, 满足利益相关者多样化的使用需求。深入研究抗震性能的评估标准、改进技术与成功案例, 才能更好地使用高强度材料、基础隔离系统、能量耗散装置和创新的结构设计方法, 得以延长桥梁结构的使用寿命, 整体提高桥梁结构的稳定性、安全性和可靠性。

## 一、桥梁结构抗震设计的重要意义

### (一) 维护公共安全

抗震设计可以降低地震期间桥梁倒塌或结构损坏的风险, 而为公共安全增添一重保障。严重的桥梁故障可能导致大量的人员伤亡, 并对周围社区造成重大损害<sup>[1]</sup>。通过渗透抗震原则, 工程师所设计的桥梁结构能够尽量减少这些风险, 以优化桥梁使用者的使用体验, 保证附近居民的生命安全。

### (二) 增强基础设施弹性

抗震设计增强了桥梁基础设施的弹性, 使其能够承受地震的破坏力并在地震后迅速恢复。有弹性的桥梁可以迅速恢复其基本功能, 促进应急响应工作并确保交通网络的连续性。这种复原力可以最大限度地减少地震事件对社区的影响。

### (三) 减轻经济影响

地震期间桥梁故障或损坏的经济后果可能是巨大的, 包括修复成本、生产力损失以及贸易和商业中断。抗震设计通过降低结构损坏的可能性和严重程度来减轻这些影响, 从而最大限度地减少维修费用和经济损失。

## 二、桥梁结构抗震性能的评估标准

### (一) 结构完整性

结构完整性是指桥梁承受地震力而不发生重大损坏或失效的能力。与结构完整性相关的评估标准包括: 其一, 横向强度和刚度: 桥梁应具有足够的横向强度和刚度, 以抵抗地面震动引起的水平力<sup>[2]</sup>。柱、梁和支撑等结构部件必须经过充分设计以承受地震荷载。其二, 延展性: 延展性是结构承受大变形而不丧失其承载能力的的能力。具有高延展性的桥梁可以通过塑性变形吸收地震能量, 从而降低脆性破坏的可能性。其三, 冗余: 冗余是指桥梁结构内存在多个荷载路径, 即使某些组件发生故障, 也可以分散地震力并保持稳定性。评估冗余涉及评估结构连接的稳健性和承载元件的冗余。

### (二) 结构功能

结构功能包括桥梁在地震期间和地震后保持运行和维持基本服务的能力。与结构功能相关的评估标准包括: 其一, 立即使用: 桥梁的设计应能够在地震事件发生后保持立即使用, 以便快速恢复交通流量和应急响应操作。其二, 震后检查: 桥梁的设计应便于震后检查, 以评估结构损坏并确定继续使用的安全性。评估标准可能

包括检查关键部件的可及性和损坏评估的难易程度<sup>[9]</sup>。其三，适用性：适用性是指桥梁在正常条件下和地震发生后满足功能要求的能力，例如车辆顺利通过、最小振动和对准完整性。

### （三）复原力

复原力是指桥梁吸收、恢复和适应地震扰动的能力，从而最大限度地减少地震的社会经济影响。与复原力相关的评估标准包括：其一，恢复时间：地震后将桥梁恢复到完全运行能力所需的时间是一个重要的复原力指标。恢复时间较短的桥梁可以最大限度地减少对交通网络的干扰，并加快灾后恢复工作。其二，适应能力：适应能力是指桥梁适应地震灾害、结构条件和操作要求随时间变化的能力。评估适应能力涉及考虑改造可行性、面向未来的策略以及对气候变化引起的风险的抵御能力等因素。其三，社区影响：评估桥梁故障和破坏带来的社区影响，并及时采用一系列的应对措施，尽快恢复桥梁功能，可以更好地保护社区居民的利益，同时提高社区居民的出行效率和生活质量。

## 三、有效改进桥梁结构抗震性能的关键技术

### （一）高强度材料的使用

高强度材料的使用是有效改进桥梁结构抗震性能的一项根本策略，能够与现有的施工实践和标准兼容，促进桥梁项目的成功实施。高强度材料主要包括：（1）高性能混凝土（HPC）：高性能混凝土的特点是卓越的强度、耐久性和对环境因素的抵抗力，通常包含辅助胶凝材料，如硅粉或粉煤灰，以增强其性能。在桥梁建设中，HPC的高抗压强度和增强的延展性使桥梁能够更好地承受地震荷载。（2）高强度钢（HSS）：高强度钢具有优异的机械性能，包括屈服强度和抗拉强度。在桥梁建设中，HSS常用于梁、桁架和缆索等结构部件，使桥梁结构能够更好地承受地震力。（3）先进复合材料：先进复合材料具有卓越的强度重量比和耐腐蚀性能。在桥梁建设中，先进复合材料的使用可以提高结构性能、减少维护要求并延长使用寿命，从而增强桥梁的整体抗震能力。

### （二）基础隔离系统

基础隔离系统是一项创新的减振措施，旨在分离桥梁的上部结构和下部结构，以减少地震能量的传输，从而保护桥梁免受损坏。这些系统主要包括：（1）摩擦摆轴承（FPB）：摩擦摆轴承由凹面和球面之间的滑动界面组成，可实现受控的横向和旋转运动。地震期间，轴承的摆动通过摩擦耗散地震能量，从而将上部结构与地面运动隔离。FPB因其简单、可靠且能有效减少地震力而广泛应用于桥梁建设中。（2）铅橡胶轴承（LRB）：铅橡胶轴承由包围铅芯的橡胶和钢垫片的交替层组成，提供灵活性和阻尼特性。当受到地震力时，橡胶层会变形，而铅芯则通过塑性变形吸收能量。LRB通常用于桥梁隔震系统，因为它们能够适应大位移并在不同的荷载条件下提供稳定的支撑<sup>[4]</sup>。（3）滑动轴承：滑动轴承利用低摩擦表面，例如PTFE（聚四氟乙烯）或不锈钢，以促进桥梁组件之间的水平移动。这些轴承可以在地震事件期间控制滑动位移，从而减少向上部结构传递的力。滑动支座特别适用于大跨度或弯曲路线的桥梁，在这些桥梁中，传统的固定支撑可能会产生过大的应力。

### （三）能量耗散装置

能量耗散装置，也被称为地震阻尼器或减震器，是集成到桥梁结构中的一种重要装置，可以耗散地震能量并减轻结构振动。能量耗散装置通过各种机制运行，这些机制主要包括：（1）粘性阻尼器：粘性阻尼器由充满粘性流体（例如硅油或水）的液压缸组成，封闭在钢制外壳内。地震期间，气缸和活塞之间的相对运动会产生黏性阻尼力，消散地震能量并减少结构振动。粘性阻尼器通常安装在桥梁结构中，以增强阻尼能力并减轻共振效应<sup>[6]</sup>。（2）调谐质量阻尼器（TMD）：调谐质量阻尼器由质量-弹簧-阻尼器系统组成，旨在抵消桥梁结构对地震力的动态响应。质量块通过弹簧和阻尼器连接到桥梁上部结构，阻尼特性调整为在特定频率下共振。TMD可有效减少结构振动并降低过度位移的风险。（3）流体粘性阻尼器：流体粘性阻尼器利用粘性流体的剪切阻力来耗散能量并减少结构振动。这些阻尼器由充满粘性流体的活塞缸组件和调节阻尼力的受控流量阀组成。流体粘滞阻尼器提供可靠、高效的能量耗散能力，特别是在承受高地震载荷的桥梁结构中。

### （四）创新的结构设计方法

创新的结构设计方法涵盖了多种技术和方法，旨在通过新颖的概念、材料和施工方法来增强桥梁结构的抗震性能。这些方法利用计算建模、数字制造和材料科学的进步来优化结构效率、弹性和可持续性，包括但不限于：（1）自定心系统：自定心系统利用专用组件，例如无黏结的后张预应力筋或形状记忆合金，使桥梁能够在地震事件发生后自动定心。这些系统减轻了残余位移的风险，并增强了能量耗散能力，提高了结构弹性并降低了维修成本。（2）形状记忆合金（SMA）：形状记忆合金，例如镍钛合金或铜铝镍合金，具有独特的性能，能够根据温度变化发生可逆相变。在桥梁施工中，SMA用于结构部件，例如支撑或阻尼器，以提供被动能量耗散和自定心功能。SMA为能够承受地震载荷的自适应和弹性桥梁设计提供了潜力。（3）模块化施工技术：模块化施工技术涉及在场外预制桥梁构件并在现场组装，从而实现快速部署并减少施工时间。预制模块可以采用纤维增强复合材料或高强度合金等先进材料，以提高结构性能和抗震能力。模块化施工提供灵活性、成本效益和可持续性优势，同时确保桥梁施工的高质量和一致性。

## 结束语

总而言之，有效实施抗震性能的改进技术，可以有效改进桥梁工程的抗震性能，充分保障桥梁结构的质量、弹性和寿命。工程师应继续探索新技术、新举措和新方法，在施工实践中更好地优化结构性能，不断增强桥梁基础设施的抗灾能力，为城市规划、经济发展、社会进步等做出应有的贡献。

## 参考文献：

- [1] 杨凯吉. 桥梁碳纤维布加固钢结构抗震性能试验[J]. 建筑技术开发, 2021.48(16)
- [2] 付芸生. 桥梁下部结构抗震性能研究[J]. 工程设计与设计, 2022(23): 104-106.
- [3] 房晓俊. 基于“柱中柱”(CIC)概念的结构振动控制研究[D]. 广州大学, 2022.
- [4] 石岩, 张智超, 钟正午, 等. 预制装配式桥墩连接类型及抗震性能研究综述[J]. 世界地震工程, 2022(002): 038.