

防屈曲支撑在桥梁工程 减震体系中的应用现状

马明健

(上海建科工程咨询有限公司山东分公司, 山东 青岛 266000)

摘要 防屈曲支撑作为一种创新且高效的减震组件, 在加强桥梁结构的地震抵抗能力方面扮演着至关重要的角色, 尤其在地震频繁地区的应用显得尤为重要。本文通过详细分析多个现有桥梁工程案例, 以及与之相关的理论研究, 全面评估了防屈曲支撑在提高桥梁抗震性能方面的实际效果及其面临的技术挑战; 还探讨了防屈曲支撑在设计、材料选择、施工技术等方面的创新进展, 以及其在未来桥梁工程设计中的潜在应用前景, 旨在为工程师和研究人员提供有价值的参考和启示。

关键词 防屈曲支撑; 桥梁工程; 减震体系

中图分类号: U445

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)03-0040-03

防屈曲支撑技术由于其卓越的抗震性能, 在现代桥梁工程中获得了广泛的应用, 特别是在地震敏感区域。这种技术通过独特的设计, 能有效地防止结构在地震力作用下发生屈曲, 从而显著提高桥梁的抗震性能。本文的目的在于深入分析防屈曲支撑在桥梁减震系统中的关键作用, 探讨其设计原则、实施策略及与桥梁整体结构的协同效应。通过对防屈曲支撑技术的综合评估, 旨在为桥梁工程设计提供指导, 以及对未来该技术发展的方向提出预测。

1 防屈曲支撑技术概述

1.1 技术原理与特点

防屈曲支撑技术的核心原理是利用特殊设计的支撑元件, 在承受压缩力时避免屈曲现象, 从而提高结构的抗震性能。这种支撑结构通常由钢材制成, 核心部分被特殊材料包裹, 以确保在强震作用下不会发生屈曲失效。这种设计的一个显著特点是其高能量吸收能力, 能够在地震中吸收并消散大量的能量, 减少结构的震动。另一个关键特点是其高度的可重复使用性。与传统的抗震元件相比, 防屈曲支撑在地震后不需要替换, 可以重复使用, 显著降低了长期的维护成本。由于其结构紧凑, 使得在现有桥梁结构中的集成和应用变得更加方便, 为桥梁设计师提供了更多灵活性。

1.2 发展历程与现状

防屈曲支撑技术的发展始于20世纪后半叶, 最初用于提高高层建筑的抗震性能。随着技术的不断发展和完善, 其应用范围逐渐扩展到了桥梁工程领域。在

过去的几十年中, 由于其出色的减震性能和经济效益, 防屈曲支撑已成为桥梁抗震设计的一个重要组成部分。当前, 防屈曲支撑技术在全球范围内得到了广泛的应用, 尤其是在地震活跃区域如日本、加州和中国等地。许多新建和改造的桥梁项目都采用了这种技术, 以提高其在极端地震条件下的安全性和可靠性。研究和实践证明, 防屈曲支撑不仅能显著提升桥梁结构的抗震性能, 还能减少地震对桥梁正常使用和维护的影响。防屈曲支撑技术作为桥梁工程中的一种创新减震手段, 已经显示出其巨大的应用潜力和价值, 预计未来将在更多的桥梁工程中得到应用和发展。

2 防屈曲支撑在桥梁工程中的应用

2.1 桥梁设计中的集成

在桥梁工程设计阶段, 防屈曲支撑(BRB)的集成是一项复杂而精细的工作^[1]。这种支撑系统被引入主要是为了优化桥梁在地震等自然灾害中的减震性能, 尤其是在地震敏感区域的应用尤为关键。设计师在考虑防屈曲支撑集成时, 需要综合考虑多种因素, 如桥梁的类型、尺寸、预期的交通负荷、地理位置以及潜在的地震风险。为了最大化其减震效果, 设计过程通常涉及动力学模拟和结构分析的综合应用, 这有助于预测和评估在地震等自然灾害影响下桥梁的响应和表现。除了基本的设计考虑, 还需要仔细评估防屈曲支撑系统与桥梁其他结构组件之间的相互作用, 确保整个结构的稳定性和安全性。这包括对支撑系统连接点的分析, 以及对整个桥梁结构在各种负载情况下的稳

定性评估。在设计过程中, 还需考虑防屈曲支撑的维护性和可升级性。这意味着在设计支撑系统时, 不仅要考虑当前的技术和应用要求, 还要预见到长期的使用需求和可能的技术进步。例如, 设计中可能包括允许将来更换或升级部件的特性, 以便适应不断变化的工程标准和技术发展。考虑到不同地区的环境和气候条件, 设计防屈曲支撑时还应考虑其对环境变化的适应性, 如耐腐蚀性和耐极端温度的能力。防屈曲支撑的设计和集成还需要考虑施工的实际可行性, 确保在桥梁建设阶段可以有效而安全地安装这些关键的减震组件^[2]。通过这样全面而深入的设计考量, 防屈曲支撑能在提升桥梁的整体性能和安全性方面发挥至关重要的作用。

2.2 典型工程案例分析

全球范围内, 已有多个桥梁工程成功集成了防屈曲支撑系统, 这些案例为未来的工程设计提供了宝贵的经验和启示。例如, 在地震频发的日本, 许多桥梁采用了 BRB 系统以提高其抗震能力。这些案例中, 防屈曲支撑的应用不仅提高了桥梁在地震中的安全性, 还确保了在地震后快速恢复正常使用。通过分析这些工程案例, 可以发现防屈曲支撑在不同类型的桥梁结构中的适用性, 包括悬索桥、拱桥和梁桥等。这些案例分析还揭示了 BRB 系统在实际应用中面临的挑战, 如材料的选择、支撑的尺寸和形状设计以及与桥梁其他结构组件的协调。通过这些成功的案例, 可以为未来桥梁工程中防屈曲支撑的更广泛应用提供科学依据和设计指导。

3 防屈曲支撑的性能评估

3.1 力学性能分析

力学性能是评估防屈曲支撑 (BRB) 效能的关键指标, 这些性能参数直接影响了 BRB 在减震体系中的有效性和可靠性。在力学性能的分析中, 主要关注点包括支撑结构的承载能力、刚度以及能量耗散特性。这些特性共同决定了 BRB 在遭受地震等外力作用时的响应和稳定性。防屈曲支撑的设计使其能在地震等动态负荷作用下有效地承受轴向负荷而不发生屈曲, 从而保护桥梁结构不受重大损害。防屈曲支撑之所以能够有效工作, 是因为其内部设计有一种特殊的机制, 这种机制可以防止在承受重载时发生屈曲, 确保力在支撑内均匀分布。这种设计通常涉及使用一种核心材料, 如钢或其他合金, 这些材料能够在高应力条件下保持稳定。在进行力学性能分析时, 不仅要考虑 BRB 本身的材料和几何形状, 还要关注其与桥梁其他部分的连接方式, 以确保整个结构的协调性和稳定性。除了考

虑 BRB 的初始性能, 还必须评估其在长期使用中的疲劳强度和耐久性^[3]。这包括对 BRB 在变化的环境条件 (如温度波动、湿度变化、盐雾腐蚀等) 下的表现进行评估, 以及其在重复负载下的性能保持能力。了解这些长期性能参数对于确保 BRB 在其整个使用寿命期间保持高效和安全至关重要。研究 BRB 在不同类型的桥梁结构中的应用也是重要的, 这有助于更好地理解其在各种设计和负载条件下的表现, 为未来的设计和应用提供更多的数据和经验。通过对 BRB 的全面分析和持续研究, 可以不断优化其设计, 提高其在桥梁工程中的应用效率和安全性。

3.2 抗震效果评价

抗震效果评价是防屈曲支撑性能评估的另一个重要方面。这一评价不仅考察支撑本身的性能, 还包括其对整个桥梁结构抗震能力的贡献。评价过程中, 通常会采用地震模拟测试, 通过模拟不同强度和特性的地震波, 来观察防屈曲支撑在实际地震情况下的表现。这包括监测支撑在地震作用下的位移、应力分布以及能量耗散情况。还需评估 BRB 在减少桥梁整体结构的振动、提高结构稳定性方面的效果。通过这些评价, 可以更全面地理解防屈曲支撑在实际工程应用中的抗震性能, 从而为其设计和优化提供科学依据。

4 防屈曲支撑设计与施工中的挑战

防屈曲支撑系统 (BRB) 在桥梁设计和施工中面临的一大挑战是其结构复杂性和对特定项目需求的适应性, BRB 系统与桥梁整体设计密切相关, 通常需要根据每个项目的特点进行定制。设计师需深入理解支撑系统的原理和技术特性, 并熟悉其与桥梁其他部分的互动。设计时要精心选择 BRB 的尺寸、形状和材料, 以符合特定桥梁的结构和抗震需求。设计还需考虑施工的可行性、经济性以及后期维护和检修的便利。安装方法应确保与桥梁结构有效整合, 并便于维护或更换。施工安全性也至关重要, 需符合技术规范和安全标准。项目成功依赖于设计团队和施工人员之间的紧密协作和沟通, 确保所有参与方对设计意图和施工要求有共同理解。另外, BRB 的施工技术和成本是桥梁工程的重要考虑因素, BRB 的复杂制造过程和施工技术可能导致成本增加。制造 BRB 需精密工程技术和高质量材料以满足安全标准。安装时需要专业技术和精确工程管理, 确保正确集成到桥梁结构中。因此, 在设计阶段需要进行成本效益分析, 确保经济可行性。随着技术发展和制造过程优化, 未来可能降低这些支撑系统的成本, 提高经济效率。

5 案例分析

在我国山东省青岛市建设的防屈曲支撑混凝土框架桥梁采用了速度锁定型自复位防屈曲支撑(LU-SC-BRB)作为纵向支撑系统,以提高桥梁的抗震性能和耗能能力,同时避免温差等因素导致的次内力和附加约

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

6 结语

束^[4]。该桥梁是一座跨越胶州湾的双层公路桥,全长约10公里,上层为双向六车道的高速公路,下层为双向四车道的城市快速路,桥面宽度分别为36米和28米。桥梁的主要结构形式为连续刚构桥,主跨为300米,边跨为150米,共有20个跨。桥墩为中空钢管混凝土柱,桥台为钢筋混凝土墙,桥梁的抗震设防烈度为8度,抗震等级为一级,重要性系数为1.2。

参考文献:

- [1] 樊志超,戈举会,王伟国,等.基于防屈曲支撑的混凝土剪力墙结构-框架结构抗震性能设计[J].建筑技术开发,2023,50(11):9-11.
- [2] 张爱林,刘杰,姜子钦,等.内嵌双阶段装配式防屈曲支撑的钢框架-支撑结构抗震性能评估[J].工业建筑,2023,53(09):54-61.
- [3] 田国昌.基于midas的桥梁防屈曲耗能支撑吊装平台数值模拟研究[J].黑龙江交通科技,2023,46(07):74-76.
- [4] 卢宏飞,陈宝魁.防屈曲支撑的研究现状与工程应用[J].施工技术,2019,48(S1):1292-1296.
- [5] 张永亮,冯鹏飞,董阳,等.防屈曲支撑在桥梁工程减震体系中的应用现状[J].工程抗震与加固改造,2017,39(06):50-55.