

# 公路桥梁设计与抗震措施的探讨

●朱锦章



**[摘要]** 公路桥梁设计中,需要重点考虑抗震效果。基于具体的工程项目设计提出有效的抗震措施,既能体现出公路桥梁设计的技术性,也能够达到良好的抗震效果。本文首先分析了常见的桥梁震害,并进一步探究了引发原因,力求为进一步基于公路桥梁工程设计提出有效的抗震措施提供依据。具体来说,公路桥梁的抗震措施要点包括合理选择桥位、构建科学的抗震体系、引入合理的抗震构造、充分发挥减震装置的作用,为取得更好的公路桥梁抗震效果,保障公路桥梁运行安全提供支持。

**[关键词]** 公路桥梁设计;抗震体系;减震

## Q 公路桥梁设计与抗震效果之间的关系

### (一)抗震设计导向性影响结构响应机制

公路桥梁工程的设计应当明确抗震导向性,设计不仅要满足日常交通运输需求,更需要具备抵御极端地震灾害的性能。这种导向性需要结合桥梁选址、桥梁结构形式、原材料选择、桥梁连接方式等多方面因素进行综合考虑。桥梁结构的响应机制则直接反映着抗震设计的效果,当地震发生时,桥梁会经历复杂的动力过程,出现震动变形和内力分布变化的问题。若桥梁设计合理、结构稳定,则可有效吸收并分散地震能量、减少关键部位的应力集中性,避免或减轻结构损伤。而为了达到这个目标,公路桥梁结构设计人员应当了解地震作用下的结构行为,利用合理的结构布置和细部设计,优化设计目标。具体来说,可通过设置减震装置、增强节点连接等措施,为优化结构响应机制运行效果提供支持。

### (二)设计参数精确性影响抗震效果可靠性

在公路桥梁的设计中,参数的精确性能够确保抗震效果稳定可靠。具体的设计参数包含地震烈度场地条件、结构自重、材料属性,以及荷载组合等多方面内容。上述参数的准确性,会影响结构分析模型的构建以及设计决策工作。例如,地震烈度的评估结果能够帮助设计人员进一步确定桥梁抗震性能,但需要保证计算基础上的抗震估计准确性。若估计水平偏低,桥梁可能出现无法承受实际地震强度的现象,导致结构破坏。而若评估水平偏高,则可能增加建设成本。另外,设计参数的精确性与结构设计的细致度有一定的关系。设计人员需从桥梁结构设计的细节入手做好关键节点的优化设计工作,以便提升抗震效果。例如,桥梁

支座的选型布置和伸缩缝的设计,都会影响抗震性能,直接关系到桥梁的稳定性。基于抗震性能和结构设计之间的密切关系,更需要设计人员基于公路桥梁工程的实际情况,分析影响抗震性能的动因,进一步提出优化设计方案。

## Q 常见的公路桥梁地震灾害分析

### (一)上部区域震害

在地震中,公路桥梁的上部区域会遭受直接的严重打击。地震的影响会集中体现为梁体结构断裂落梁和整体垮塌。而之所以会出现这类问题,与地震波冲击桥梁结构、本身强度不足,以及优化设计的针对性不足有关。其中,梁体断裂在公路桥梁上部区域的震害中,属于比较常见的类型。地震波作用于桥梁时,会形成水平和垂直两个方向的力学作用,导致梁体无法承受强大的应力而出现断裂。这时若桥梁的支座系统同步受损,则会由于无法有效传递并分散地震力,加重墙体断裂的风险。从而影响到公路桥梁工程的通行能力,造成严重的安全隐患。而落梁作为上部区域常见的另一种震害,主要是由于支座失效引发的一种灾害,梁体会直接从支座上脱落,导致桥梁的整体结构失稳,桥梁无法承载预期的交通荷载。在地震中,落梁会伴随桥梁严重损伤,可能导致桥梁垮塌的风险进一步提升。

### (二)支座区域震害

支座区域的损害主要表现为支座脱落和剪切变形两种。其中,剪切变形还会导致支座断裂的现象。发生这些灾害,主要是由于地震波对支座产生了强烈的冲击和挤压作用,使得支座无法承受强烈的冲击,而发生脱落。这是通过剪切变形或断裂的方式表现出来。支座脱落主要是由于

地震,导致支座的固定装置失效,引发上部结构和下部结构的衔接支座脱落,导致桥梁的整体稳定性显著降低。桥梁在地震中更容易出现严重的垮塌现象,而剪切变形和断裂主要是由于地震波对支座有强烈的挤压作用。支座的承载力会瞬间丧失,不仅无法正常发挥作用,还可能造成其他的安全隐患。

### (三)下部结构性震害

关于下部结构性震害主要是指,在地震中公路桥梁的桥墩、桩基失效引起的损害。在地震中,墩柱、桩基作为桥梁主要承重结构,会由于无法承受巨大的水平力和弯矩,产生破坏。桥墩的破坏形式也有不同的类型,具体包括弯曲破坏、剪切破坏,以及介于二者之间的弯剪破坏三种类型。这些破坏是导致桥墩、桩基承载力丧失的主要动因,桥梁的整体稳定性也会受到严重的影响。从设计的角度上来讲,桥墩及桩基的设计尺寸不合理,材料强度未达标,施工中的质量控制未有效落实是主要的引发原因。而关于桩基失效,这种灾害主要是指桩基的稳定性和承载力出现问题。进一步分析这种失效现象的原因,与桩身的强度未达标、桩端承载力不足、桩与桩之间的作用力稳定性不足有关。最后,下部结构中的基础沉降问题也是震害的主要表现。桥梁的基础可能会由于地震出现形变,进一步引发沉降问题。基础沉降可能导致桥梁的高度显著降低,桥梁的通行能力会因此受到影响。同时,基础沉降还可能引起桥梁的附加应力和变形问题,加剧震害的严重性。而关于震害的引发原因,与地基土层软弱、不均匀有关。

## Q 基于优化设计提升公路桥梁抗震性能的措施

### (一)合理选择桥位

合理选择桥位对于提升桥梁的抗震性能有重要意义。地震发生时,地面的震动会对桥梁结构产生极大的影响。因此,桥位的选择需考虑地质条件、地震活动性,以及河流流向等因素。在此基础上,选择适当的桥位。在筛选时,应当做到避开地震危险地段,这些地段在地震时,容易出现地基失效,导致桥梁结构受损。例如,断层带和软弱土层等。应尽量选择地势条件稳定的区域,从土层方面来讲应优先考虑硬黏土、基岩或碎石区进行公路桥梁建设,提高桥梁的抗震能力。另外,桥位的选择还需要考虑桥梁中线和河流正交的情况。若桥梁中线与河流正交,在地震产生时,河岸会发生滑移,但这种滑移不会对桥梁主体结构造成过大影响。而若交错方式为斜交,地震时的河岸向河心滑移的距离较大,就会进一步引发桥梁错动或扭转破坏。根据这一特点,在河流稳定性差的河段上进行公路桥梁建设时,应当优先采用正交方式。例如,在某大型公路桥梁工程中,由于桥位处在地震活动频繁的区域,在选择工程建设

地址时,设计团队就充分考虑了地质条件和地震活动性的影响,要选择硬黏土地基和基岩地区设置桥位。同时,保证桥梁中线和河流维持正交关系,确保了桥梁在地震中维持良好的稳定性。在测算该桥梁在遭遇强烈的地震时,结构变形和位移范围均控制在合理的区间内,抗震性能显著提升。

### (二)构建科学的抗震体系

结构完整的抗震体系对公路桥梁来讲,是设计的重要目标,也是公路桥梁取得良好抗震效果的重要条件。在构建抗震体系时,一方面要考虑公路桥梁所在的区域。另一方面,应当从力学的角度入手,分析地震作用于桥梁结构的状态,力求构建结构完善,状态稳定的抗震体系。具体来说,所谓构建科学的抗震体系主要强调,在设计抗震体系时,要考虑桥梁的结构类型、材料性能等因素,保证桥梁在地震中有良好的承载力和形变应对力。在抗震体系设计环节,应当首先优化桥梁结构的布置状态,保证其具备规则性和对称性的特点。规则的结构布置有利于减小地震作用下的应力和变形集中,提升桥梁的整体抗震性能。尤其是在高烈度的地震区,可采用规则性更好的桥梁结构(连续梁、钢桥),为维持桥梁整体的稳定抗震性能,抵御强烈的地震冲击提供保障。同时,抗震体系的设计还应当注重加强桥梁结构的延性设计。所谓延性设计是指,利用合理的结构布置和材料选择,使得桥梁结构在地震作用下能够发生弹塑性变形,从而耗散地震能量,减少结构损伤。例如,设计墩柱及桩基结构时,就可选择螺旋形的箍筋和纵向钢筋深入到盖梁和承台内部,增强连接点的延性。另外,对于较高的排架桥墩,也可通过增设横系梁的方式减少横向位移,控制设计弯矩。例如,在某高速公路桥梁工程设计中,设计团队就采用了连续梁结构,并增强了墩柱的延性设计,引入了螺旋形箍筋和纵向钢筋材料,提升了桥梁的抗震性能。

### (三)引入合理的抗震构造

引入合理的抗震构造是提升抗震性能的重要措施。在公路桥梁工程中,设计稳定的抗震构造对于增强结构的整体稳定性和延展性有着重要的作用,能够提升公路桥梁在地震作用下的稳定性,保证其完整性。例如,在设计墩台时,应当优先考虑高性能钢筋混凝土结构,并且设置合理的钢筋骨架,以便有效地提升墩台的抗弯能力和抗剪能力。具体来说,在设计墩台时,应当重点关注墩柱的直径和混凝土保护层厚度,上述指标须结合震烈度、桥梁跨度以及桥梁所处的环境类别。这种设计能够保证墩柱在地震作用下,不发生严重的弯曲或剪切破坏。另外,桥墩及桩基的塑性铰区应当加大箍筋配置力度,以便提高其抗剪及抗扭性能。墩柱和桩基中箍筋的间距一般控制在10cm以内,保证能够在地震作用下,吸收并分散能量,避免脆性破坏。在抗震构造中,桥孔的设计也发挥着重要作用。为了减小地震对桥

梁区域的伤害,公路桥梁工程中的桥孔,需要优先考虑等距布置模式,以便提升设计整体的稳定性。例如,若需设计一座总跨度达300m的桥梁,若选用等跨布置的方式,设计长度可以设置为50m。这种布置方式和减少地震作用下的动力响应,提升桥梁区域结构的稳定性。梁端伸入墩台台帽或盖梁的距离要求及其他抗震措施,应满足《公路桥梁抗震设计规范(JTG/T 2231-01-2020)》中的相关要求。

#### (四)充分发挥减震装置的作用

设计人员首先根据桥梁所处区域确定地震动加速度、周期及地震烈度,从而选择对应级别的抗震构造措施及减震装置。减震装置在提升公路桥梁工程主体的抗震性能方面有非常重要的作用。不同类型的减震装置在应用原理以及减震效果上存在差异,需要根据减震需求合理选择。从功能上来讲,减震装置在桥梁抗震设计中是专用的安全保障装置,合理选择减振装置能够降低公路桥梁工程在地震作用下的振动响应,提升抗震性能。现阶段,较常用的减振装置以橡胶支座为主。这种装置被称为被动装置,主要利用橡胶材料的弹性变形,吸收并分散一部分地震能量,一般应用在桥梁抗震加固工程中。应用这种支座结构,能够减少桥梁在地震作用下位移和加大振动的控制力度。某公路桥梁工程加固施工效果的数据监测结果显示,安装橡胶支座后,桥梁在地震条件下的加速响应降低了30%,有效保护了桥梁安全。另外,减震装置还包括防落梁装置。通过设置这一装置能够将桥梁的梁和盖梁连接为一个整体。防止地震时,梁体与墩台之间发生过大的纵向位移,引起上部梁体坠落。在设置防落梁装置时,可采用缓冲器模块构造装置,提升桥梁的承载力。除了被动的减震装置外,主动减震装置也可引入应用。例如,某些公路桥梁工程中,桥梁主体安装了自动调节装置,可根据桥梁的受力情况调整减震参数,更加精确地控制减震效果。这种装置相对来讲有较高的成本,但对于重要桥梁的抗震设计而言,是能够保证抗震效果的一种措施。常用防落梁装置如图1所示。

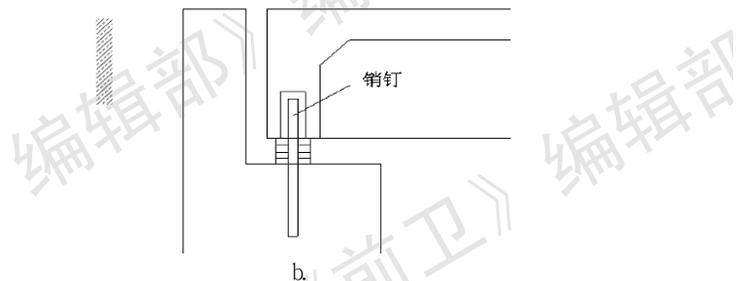


图1 常用防落梁抗震装置

#### Q 结束语

综合本文分析,公路桥梁设计中优化抗震性能,是公路桥梁工程设计中需要关注的关键。为了提升抗震性能,需要设计人员对公路桥梁所在区域进行合理选址,精确确认桥位。随后,进一步通过加装减震装置,优化细部设计等一系列措施,提升公路桥梁工程的抗震性能、体现公路桥梁工程设计的技術含量。设计人员也需要在工程设计中与施工技术人员以及项目管理人员及时沟通,充分了解公路桥梁设计中可能存在的偏差,实时做好优化调整,保证公路桥梁工程具有稳定的抗震性能。

#### 参考文献

- [1]薛玲莉.桥梁结构抗震设计与设防措施[J].科技创新与应用,2022,12(03):85-87.
- [2]张慧.桥梁结构抗震设计与设防措施[J].四川水泥,2021(05):262-263.
- [3]周金辉.公路大跨径桥梁设计与施工的优化措施探讨[J].工程技术研究,2022,7(12):212-214.

#### 作者简介:

朱锦章(1991-),男,汉族,安徽池州人,本科,工程师,安徽宏泰交通工程设计研究院有限公司,研究方向:道路与桥梁工程。

