

# 大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同研究

金 凯<sup>1</sup> 汪 芳<sup>2</sup>

1. 安徽宇丰土工工程咨询有限公司 安徽 合肥 230031

2. 合肥信息技术职业学院 安徽 合肥 230601

**摘 要:**在现代交通网络构建中,大跨度桥梁与隧道作为关键组成部分,肩负着跨越复杂地形、连接不同区域的重任。鉴于许多此类设施位于地震频发地带,大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性的协同工作,显得尤为关键,这是保障交通基础设施安全、提升其综合性能的核心需求。基于此,论文首先探讨了大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同的必要性,之后深入研究了大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同的现状与解决策略,以期从业者为从业者提供一些参靠与意见。

**关键词:**大跨度桥梁;抗震设计;隧道结构稳定性协同

引言:在交通基础设施建设领域,大跨度桥梁与隧道作为核心构成部分,常面临复杂地质条件与地震威胁。为应对大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同中的诸多难题,探寻切实可行的协同设计方法与策略意义重大。特别是在地震等自然灾害频发的地区,大跨度桥梁的抗震设计与隧道结构的稳定性协同成为了一个亟待解决的关键问题。所以,探讨大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同是非常有必要的。

## 1 大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同的必要性

首先,地震作为极具破坏力的自然灾害,对大跨度桥梁与隧道的威胁不容小觑。大跨度桥梁因其高耸的桥墩、庞大的梁体结构以及超长的跨度,在地震波冲击下,极易产生剧烈振动。桥梁的支撑体系,如桥墩和桥台,可能因承受超出极限的地震力而发生严重破坏,导致桥梁坍塌,使交通瞬间陷入瘫痪。隧道结构虽然相对隐蔽,但地震引发的山体滑坡、地面塌陷以及地层位移等次生灾害,会对隧道衬砌造成巨大压力,致使衬砌开裂、剥落,甚至引发隧道整体坍塌。当大跨度桥梁与隧道在地理位置上相邻或同处地震影响范围时,若二者各自独立设计,缺乏协同考量,一旦遭遇地震,一方结构受损,必然会通过地层、基础等相互作用机制,对另一方产生连锁反应,加剧整体交通系统的破坏程度。

其次,从结构力学角度来看,大跨度桥梁与隧道存在紧密的内在联系。桥梁的基础通常深入地下,其振动会通过地基传递到周边地层,而隧道恰恰位于地层之中<sup>[1]</sup>。地

震时,桥梁结构振动引发的地层扰动,可能改变隧道周围的岩土力学环境,影响隧道结构的稳定性。反之,隧道周边地层因地震产生的不均匀变形,也会对桥梁基础的承载能力产生不利影响,进而威胁桥梁结构安全。像是在一些山区,桥梁与隧道通过引道相连,构成完整的交通线路。在此情况下,若不考虑两者在结构上的相互作用,当发生地震时,桥梁与隧道连接部位极易因变形不协调而遭受严重破坏。因此,在设计阶段就将大跨度桥梁与隧道作为一个整体系统进行协同设计,综合考虑二者的结构特点、基础形式以及与周边地层的相互作用,能够有效优化结构性能,进一步提升其在地震中的整体稳定性。

此外,从交通系统的全生命周期管理来看,大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同也具有深远意义。交通基础设施的日常维护与应急抢修,是保障其持续安全运行的关键环节。协同设计能够确保大跨度桥梁与隧道在面对地震等灾害时,形成一个协调统一的防御体系。在日常维护中,可以制定更为科学合理的检测与维护计划,针对二者相互关联的部位进行重点监测,及时发现潜在安全隐患。一旦遭遇地震灾害,由于在设计阶段已考虑协同因素,救援人员能够迅速判断整体结构的受损情况,制定高效的抢修方案,最大限度缩短交通中断时间,减少灾害损失,最终保障区域交通的顺畅与安全。

最后,大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同,是提升交通基础设施抗震防灾能力、保障交通系统安全运行的必然选择。在未来的交通工程建设中,必须高度重视二者的协同设计,运用先进的技术手段与科学的设计理念,为交通基础设施的长期稳定运行筑牢根基。

## 2 大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同的现状

### 2.1 地震响应复杂性

科学研究项目(自然科学类),基于建筑信息模型(BIM)技术的装配式建筑设计应用与研究,项目编号:2024AH051608

大跨度桥梁由于其结构特点,对地震响应复杂,影响因素繁多。地震作用不仅会导致桥梁结构的整体振动,还可能引发桥梁各部分的局部损伤,如支座破坏、墩柱断裂等。再加上,地震波的传播特性也会影响桥梁的地震响应,使得抗震设计变得更为复杂。而隧道结构在地震作用下同样会受到严重影响,如围岩失稳、衬砌破坏等。所以,在协同设计中需要充分考虑地震响应的复杂性,确保桥梁与隧道结构在地震作用下的安全性。

## 2.2 地质条件差异

大跨度桥梁与隧道往往位于地质条件复杂的地区,如山区、河谷等。这些地区的地质条件差异较大,对桥梁与隧道的抗震设计与稳定性协同提出了更高要求<sup>[2]</sup>。如,山区桥梁可能面临地形陡峭、地基不稳等问题,而隧道则可能面临围岩软弱、地下水丰富等挑战。因此,在协同设计中需要充分考虑地质条件的差异,制定针对性的抗震与稳定措施。

## 2.3 设计与施工难度

大跨度桥梁与隧道的抗震设计与施工难度均较大。桥梁的抗震设计需要考虑结构的整体稳定性、局部强度以及抗震构件的布置与连接等问题;而隧道的稳定性设计则需要考虑围岩的力学性质、支护结构的选型与布置等问题。除此之外,由于桥梁与隧道往往位于交通不便的地区,施工难度大、周期长,对设计与施工团队的技术水平和管理能力提出了更高要求。

## 2.4 协同设计缺乏系统性

目前,大跨度桥梁与隧道的抗震设计与稳定性协同仍缺乏系统性。具体表现如下:一方面,由于桥梁与隧道属于不同的交通设施类型,其设计标准、规范及计算方法存在差异,导致在协同设计中难以形成统一的设计理念和方法;另一方面,由于桥梁与隧道在结构形式、功能需求等方面存在差异,使得在协同设计中难以实现真正的协同与优化。

# 3 协同设计方法与策略

## 3.1 建立协同设计平台

构建专业的协同设计平台是推动大跨度桥梁与隧道在抗震设计及稳定性协同方面深度交流与合作的关键举措。此平台需具备强大的集成功能,能够将桥梁与隧道从设计初始阶段,历经施工全程,直至后期监测维护的全生命周期信息汇聚一处。在设计环节,设计团队成员可依托该平台实时共享各自的设计思路、初步方案以及相关数据资料<sup>[3]</sup>。如,桥梁设计人员可上传桥梁的结构布局、桥墩选型、梁体设计参数等,隧道设计人员则能分享隧道的线路规划、衬砌结构设计、洞口布置等内容。

利用数据的交互,双方能够共同审视方案,针对抗震设计与稳定性协同需求,从而联合制定综合设计方案,从整体上优化结构布置。此过程中,在分析地震响应方面,平台可集成先进的模拟分析软件,设计人员能输入不同的地震波参数,对桥梁与隧道协同结构进行地震模拟,依据模拟结果进一步调整设计,极大地提升协同设计的效率与质量。

## 3.2 制定统一的设计标准与规范

当前,桥梁与隧道在抗震设计与稳定性协同方面存在显著差异性,这严重制约了协同设计的成效。为此,制定统一的设计标准与规范迫在眉睫。这些标准规范的制定需全面考量桥梁与隧道各自独特的结构特点,如桥梁的大跨度、高耸墩台等特性,以及隧道的深埋地下、受围岩影响大等特征;同时兼顾二者不同的功能需求,桥梁主要用于跨越障碍,需保障交通顺畅,隧道则侧重于在地下构建安全通道。另一方面,地质条件也是关键考量因素,不同区域的地质构造、岩土特性对桥梁和隧道的设计影响巨大。例如在软土地质区域,桥梁基础需着重考虑沉降问题,隧道则需关注土体变形对衬砌的压力。统一的标准规范应使桥梁与隧道在协同设计中有一致的设计理念和方法,且积极与国际先进标准接轨,便于国内设计团队与国际同行交流合作,吸收国际前沿技术与经验,提升我国在该领域的设计水平。

## 3.3 加强地质勘察与评估

地质勘察与评估堪称大跨度桥梁与隧道抗震设计与稳定性协同的根基所在。应用细致深入的地质勘察,能够精准掌握桥梁与隧道所处区域的地质条件,包括地层结构、岩土力学参数等;清晰了解该地区的地震活动性,如地震频发的频率、震级大小以及地震波传播特性等;同时明确地下水的水位、流向、水质等情况。以上详实信息为抗震设计与稳定性协同提供了不可或缺的可靠依据。如,若勘察发现某区域地下存在断层构造,在桥梁设计时,可调整桥墩位置避开断层,或采用特殊的基础形式增强稳定性;对于隧道设计,则要针对断层区域加强衬砌支护设计。为此,在协同设计流程中,必须强化地质勘察与评估工作,投入充足的人力、物力和技术资源,运用先进的勘察设备与分析方法,确保最终设计方案既合理又切实可行。

## 3.4 采用先进的抗震与稳定技术

现代科技的飞速发展,众多先进的抗震与稳定技术在实际工程中得到广泛应用。在桥梁建设方面,减隔震技术已成为提升桥梁抗震性能的关键手段<sup>[4]</sup>。以铅芯橡胶支座为例,其内部的铅芯在地震发生时,能够利用自身

的塑性变形吸收大量地震能量,而外部的橡胶层则凭借良好的弹性,起到缓冲和隔离地震力的作用,有效减小桥梁结构在地震中的振动响应。这种技术不只是能显著降低桥墩因承受过大地震力而出现倾斜、开裂甚至倒塌的风险,还能极大地保护梁体,避免其发生位移、碰撞等破坏,保障桥梁在地震中的整体稳定性。

而在隧道工程领域,围岩加固与支护技术是确保隧道结构稳定的核心所在。采用锚杆、锚索联合喷射混凝土的支护方式,锚杆和锚索可深入围岩内部,将不稳定的岩体与稳定岩体紧密连接在一起,提供强大的锚固力;喷射混凝土则能在隧道内壁形成一层坚固的防护层,及时封闭围岩表面,防止围岩风化、剥落,并与锚杆、锚索共同作用,增强围岩的整体稳定性。该技术能有效应对地震引发的地层变形、山体滑坡等次生灾害,避免隧道衬砌因围岩变形过大而出现开裂、坍塌等严重问题。在穿越复杂地质区域的隧道工程中,这种支护方式发挥着至关重要的作用,极大地提升了隧道在地震等恶劣条件下的安全性能。

### 3.5 优化结构布置与连接

大跨度桥梁与隧道的结构布置与连接状况,对其抗震性能与稳定性起着决定性作用。在协同设计时,需对桥梁与隧道的结构布置进行全方位优化。一是桥梁方面,合理规划桥墩的间距与高度,使梁体在地震作用下的受力分布更均匀,降低结构的扭转效应;隧道则要依据地质条件和周边环境,科学确定隧道的埋深与走向,减少地震引发的地层变形对隧道结构的不利影响。二是,加强桥梁与隧道之间的连接设计。当二者通过引道等方式相连时,连接部位要设置合理的变形缝,既能适应桥梁与隧道在地震中不同的变形需求,又能确保在地震作用下二者形成稳固的整体受力体系,尽量避免因连接部位的破坏而导致整个交通线路的瘫痪。

### 3.6 加强施工监测与质量控制

施工监测与质量控制是大跨度桥梁与隧道抗震设计与稳定性协同得以有效落实的重要保障环节。在施工过程中,借助先进的监测技术与设备,能够实时掌握桥梁与隧道的施工进展状况,精确测量结构变形数据,如桥梁墩台的沉降、倾斜,隧道衬砌的收敛变形等;同时准

确监测结构的受力状态,例如桥梁梁体的应力分布、隧道衬砌的内力变化。这些实时数据为施工过程中的及时调整与优化提供了科学依据<sup>[5]</sup>。而针对质量控制方面,从施工材料的采购源头抓起,严格把控材料质量,确保钢材、水泥等原材料符合设计要求;规范施工工艺,对每一道施工工序进行标准化管理,如桥梁基础的浇筑工艺、隧道衬砌的施工流程等;加强施工质量检验,通过定期抽检、无损检测等手段,保证施工质量完全契合设计标准。在协同设计框架下,务必强化施工监测与质量控制工作,保障施工顺利推进,最终打造高质量、高安全性的的大跨度桥梁与隧道工程。

结语:大跨度桥梁与隧道作为现代交通网络中的关键节点,其抗震设计与结构稳定性协同对于保障交通系统的整体安全至关重要。本文深入分析了大跨度桥梁抗震设计与隧道结构稳定性协同的必要性,以及当前协同设计中存在的挑战,并提出了针对性的协同设计方法与策略。通过构建协同设计平台、制定统一标准、加强地质勘察、采用先进技术、优化结构布置与连接以及强化施工监测与质量控制等措施,可以有效提升大跨度桥梁与隧道在地震作用下的整体稳定性和安全性。未来,随着科技的进步和理念的更新,大跨度桥梁与隧道的抗震设计与结构稳定性协同将迈向更高水平,为构建更加安全、高效的交通网络奠定坚实基础。本文的研究成果对于指导交通基础设施的抗震设计与建设具有重要参考价值。

### 参考文献

- [1]丁正维.桥梁结构抗震设计与设防措施研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(6):65-68.
- [2]胡博.桥梁抗震设计关键点与减隔震技术的应用探究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(3):67-69.
- [3]刘建红,周友权.地震作用下铁路隧道、桥梁基础及水利工程地下洞室群动力响应分析[J].铁道技术标准(中英文),2022,4(2):13-19+27.
- [4]李双红.大跨度索结构桥梁抗震设计与加固方法研究[J].交通世界,2023(4):217-219.
- [5]张雪松.大跨度桥梁的抗震设计与风险评估[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(10):0103-0106.