

地基基础承载力影响因素深度剖析

曾祥起 赵智慧

河南交院工程技术集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 道路桥梁工程的安全性与稳定性和地基基础承载力密切相关。本文深入剖析了影响道路桥梁地基基础承载力的多种因素,涵盖地质条件、基础设计、施工过程、环境因素等多个方面,揭示各因素对地基基础承载力的作用机制,旨在为道路桥梁工程的设计、施工及维护提供理论依据,助力提高道路桥梁工程质量,确保其安全可靠运行。

关键词: 地基基础; 承载力; 影响因素; 优化策略

1 道路桥梁地基基础承载力的优化意义

从道路桥梁结构稳定性来看,地基基础如同建筑的根基,是承载整个道路桥梁上部结构重量的关键。优化地基基础承载力,能确保道路桥梁在长期使用过程中,有效抵御车辆荷载、自然环境因素(如风雨、地震等)的作用。比如在地震频发地区,经过优化承载力的地基基础,能更好地分散地震力,防止道路桥梁因地基变形、失稳而出现坍塌、开裂等严重破坏,保障道路桥梁结构的完整性与稳定性,延长其使用寿命,减少后期大规模维修与重建的需求。

在保障交通顺畅运行方面,地基基础承载力不足,易导致道路桥梁出现不均匀沉降,路面产生坑洼、裂缝,桥梁桥面不平整等状况。这不仅影响车辆行驶的舒适性,还会增加车辆损耗与燃油消耗。而优化地基基础承载力,可有效减少这类情况的发生,维持道路桥梁表面的平整度,让车辆能平稳、快速通行,提高交通运输效率,降低交通事故发生的风险。特别是在交通流量大的主干道和重要桥梁上,稳定的地基基础对保障交通的持续、高效运行意义重大。

从经济角度而言,优化地基基础承载力具有显著效益。虽然在工程前期,对地基基础进行优化可能需要投入一定成本,如采用更先进的地基处理技术、使用优质材料等,但从道路桥梁全生命周期来看,这是极为必要的投资。它能避免因地基问题导致的频繁维修、翻新,以及交通中断带来的经济损失。以一座大型桥梁为例,若因地基基础承载力不足,在投入使用数年后便出现严重病害,维修成本可能高达数千万元,且维修期间交通中断造成的经济损失更是难以估量。而通过前期优化,可有效规避这些高额费用,实现经济效益的最大化。

从环境保护层面分析,稳定的地基基础有助于减少道路桥梁施工和使用过程中的环境影响。施工阶段,因地基基础处理不当导致的返工、重建,会造成建筑材料

的浪费,增加能源消耗与废弃物排放。而优化后的地基基础,施工过程更加顺利,减少了不必要的资源浪费与环境污染。在使用阶段,良好的地基基础能保证道路桥梁正常运行,降低车辆因行驶不畅产生的尾气排放,对改善周边环境质量起到积极作用。

2 道路桥梁地基基础承载力影响因素

道路桥梁地基基础承载力是决定其结构稳定性与使用寿命的关键要素,受到多种因素的综合作用。深入剖析这些影响因素,对保障道路桥梁工程质量、确保交通安全具有重要意义。

地质条件是影响地基基础承载力的基础性因素。不同的岩土类型具有各异的物理力学性质。例如,岩石地基相较于土质地基,通常具有更高的强度与承载能力。在土体中,黏性土的黏聚力使其能受一定的荷载,但当含水量过高时,其强度会大幅降低,进而影响地基承载力。砂性土则主要依靠颗粒间的摩擦力来提供承载力,级配良好的砂性土,其颗粒相互嵌挤紧密,承载力相对较高。此外,地基土的压缩性也至关重要。高压缩性土在承受荷载后易产生较大变形,导致地基沉降量增加,降低地基的有效承载能力。如在软土地基上进行道路桥梁建设,如果不采取有效的地基处理措施,地基的过度沉降可能引发路面开裂、桥梁墩台倾斜等严重问题。

施工工艺对地基基础承载力有着直接且关键的影响。在地基处理过程中,采用不同的施工方法会产生截然不同的效果。例如,对于软弱地基,采用强夯法能够通过强大的夯击能,使地基土得到压实加密,提高地基的密实度与承载力。而若施工时夯击能量不足、夯击遍数不够,地基土无法达到预期的密实程度,承载力就难以提升到设计要求。灌注桩施工中,桩身混凝土的浇筑质量直接关系到桩基础的承载能力。若浇筑过程中出现断桩、缩颈等缺陷,桩身的完整性遭到破坏,其承载竖向荷载与水平荷载的能力将大打折扣。此外,在道路

桥梁基础施工时,基坑开挖的方式与支护措施也不容忽视。不合理的开挖顺序或支护不当,可能导致基坑边坡失稳,周边土体产生位移,进而影响地基基础的承载性能。

上部结构荷载是影响地基基础承载力需求的重要因素。道路桥梁在使用过程中,要承受各种车辆荷载以及行人荷载。交通流量的大小、车辆的类型与载重情况都会对地基基础产生不同程度的影响。在交通繁忙的主干道上,大型货车、客车频繁通行,其施加在地基基础上的荷载远大于一般道路。桥梁结构的形式与跨度也决定了上部结构的自重大小,大跨度桥梁通常具有较大的自重,对地基基础的承载能力要求更高。例如,悬索桥的主缆与桥塔等结构重量巨大,需要地基基础具备足够的承载力来支撑,否则在长期荷载作用下,地基可能出现沉降、变形,危及桥梁安全。

自然环境因素同样不可小觑。长期的雨水冲刷可能导致地基土的流失,特别是在土质疏松、缺乏有效防护的区域,地基的稳定性与承载能力会因此降低。地震作用更是对地基基础承载力的严峻考验。在地震频发地区,地震波会使地基土产生振动,导致土颗粒间的有效应力发生变化,可能引发砂土液化等现象,使地基瞬间失去承载能力。此外,季节性的温度变化会引起地基土的热胀冷缩,反复的温度循环作用可能导致地基土结构的破坏,进而影响其承载性能。

3 道路桥梁地基基础承载力的提升策略

3.1 地质改良策略

3.1.1 软土地基处理

(1) 排水固结法:软土地基含水量高、压缩性大、强度低,严重影响地基基础承载力。排水固结法通过在地基中设置竖向排水体(如砂井、塑料排水板),并结合堆载预压或真空预压,加速地基土中孔隙水的排出,使土体逐渐固结,有效提高地基强度与承载力。例如在某沿海地区的道路工程中,针对深厚软土地基,采用塑料排水结合真空预压法,在较短时间内使地基沉降基本完成,承载力提高了约80%,满足了道路后续施工与使用要求。

(2) 深层搅拌法:利用深层搅拌机械将水泥、石灰等固化剂与软土强制搅拌,使软土硬结形成具有一定强度和整体性的加固体^[1]。这些加固体与周围软土共同作用,组成复合地基,显著提升地基承载力。在一些内河航道桥梁工程中,对桥址处软土地基采用深层搅拌法处理,形成的水泥土搅拌桩复合地基承载力比原软土地基提高了2-3倍,有效支撑了桥梁上部结构。

3.1.2 湿陷性黄土地基处理

(1) 强夯法:湿陷性黄土在遇水浸湿后会产生显著的附加沉降,严重威胁道路桥梁安全。强夯法通过强大的夯击能量,使黄土颗粒重新排列、压实,消除黄土的湿陷性,提高地基承载力。在某黄土地区的公路建设中,对湿陷性黄土地基采用强夯处理,夯击后地基土的干密度大幅提高,湿陷性系数降低至规定标准以下,地基承载力满足了道路设计要求。

(2) 灰土挤密桩法:在湿陷性黄土地基中设置灰土挤密桩,通过成孔过程对桩间土的横向挤密作用,使桩间土的密度增大,同时桩体与桩间土共同组成复合地基,分担上部结构荷载。该方法不仅能有效消除黄土湿陷性,还能显著提升地基承载力。如在某桥梁引道工程中,采用灰土挤密桩法处理湿陷性黄土地基,处理后的复合地基承载力提高了1.5倍左右,保证了引道结构的稳定。

3.2 施工工艺优化策略

3.2.1 地基处理施工优化

(1) 精确控制强夯参数:在采用强夯法处理地基时,要根据地质条件精确确定夯击能量、夯击次数、夯点间距等参数。通过现场试夯,获取地基土的压实效果与变形数据,以此为依据调整强夯参数,确保地基土达到最佳密实状态,充分提升地基承载力。例如在某大型桥梁地基处理中,通过多次试夯,将夯击能量从最初设计的2000kN·m调整为2500kN·m,夯击次数从8次增加到10次,使地基承载力提高了20%以上。

(2) 保证灌注桩施工质量:灌注桩施工过程中,严格控制泥浆制备、钢筋笼下放、混凝土浇筑等关键环节。采用优质泥浆,确保孔壁稳定;精准下放钢筋笼,保证其位置准确;在混凝土浇筑时,控制浇筑速度与高度,防止出现断桩、缩颈等缺陷。如在某跨江大桥的桩基础施工中,引入先进的灌注桩施工监测系统,实时监控混凝土浇筑过程,有效保证了桩身质量,使桩基础承载能力达到设计要求的1.2倍。

3.2.2 基础施工过程控制

(1) 合理安排基坑开挖与支护:在道路桥梁基础施工中,根据地质条件和周边环境,选择合理的基坑开挖方式与支护措施。采用分层分段开挖,避免超挖,及时施作支护结构,防止基坑边坡失稳与周边土体位移。例如在城市道路桥梁基础施工中,采用排桩加内支撑的支护形式,结合信息化施工监测,根据基坑变形情况及时调整支护参数,确保了基坑施工安全,保护了地基基础的承载性能。

(2) 优化基础混凝土浇筑工艺:对于扩大基础、承台等大体积混凝土基础,优化混凝土配合比,采用低热

水泥、添加外加剂等措施,降低混凝土水化热。在浇筑过程中,采用分层浇筑、预埋冷却水管等方法,控制混凝土内部温度,防止因温度裂缝影响基础承载能力。如在某大型斜拉桥承台施工中,通过优化混凝土配合比和浇筑工艺,有效控制了混凝土内部温度,避免了温度裂缝的产生,保证了承台基础的承载能力^[2]。

3.3 荷载控制与结构优化策略

3.3.1 合理规划交通荷载

(1) 交通流量管理:在道路桥梁运营阶段,通过交通管制措施,合理控制交通流量,避免因交通拥堵、车辆过度集中导致地基基础承受过大荷载。例如在交通繁忙的城市主干道,设置潮汐车道、实行交通限行政策等,均衡道路桥梁上的交通荷载分布,减少地基基础因短期超载而受损的风险。

(2) 车辆载重限制:严格执行车辆载重限制法规,加强对超载车辆的监管与查处。在道路桥梁入口处设置称重检测设备,对超载车辆进行劝返或卸载处理,确保道路桥梁地基基础承受的荷载在设计允许范围内,延长其使用寿命。

3.3.2 优化上部结构设计

(1) 采用轻质高强材料:在桥梁结构设计中,选用轻质高强的建筑材料,如高强度钢材、高性能混凝土等,减轻上部结构自重,降低对地基基础的荷载要求。例如在一些新型桥梁设计中,采用铝合金材料制作桥梁构件,相比传统钢材,在保证结构强度的同时,大幅减轻了桥梁自重,有效降低了对地基基础承载力的需求。

(2) 优化桥梁结构形式:根据桥梁跨度、地形地质条件等因素,选择合理的桥梁结构形式。如在大跨度桥梁设计中,采用斜拉桥、悬索桥等结构形式,通过合理布置拉索、主缆等受力构件,优化结构受力体系,减小上部结构传递到地基基础的荷载。同时,利用结构力学分析软件,对桥梁结构进行精细化设计,确保结构受力合理,提高地基基础的承载效率。

3.4 应对自然环境影响策略

3.4.1 防水与排水措施

(1) 完善道路桥梁排水系统:在道路路面设置合理的排水坡度,确保雨水能迅速排离路面,避免积水渗入地基^[3]。在桥梁上设置完善的排水管道,将桥面雨水及时

引至地面排水系统。例如在城市道路桥梁设计中,采用排水性能良好的路面铺装材料,并在桥面上每隔一定距离设置排水口,接入排水管道,有效防止雨水对地基基础的侵蚀。

(2) 加强地基防水处理:对于地下水位较高地区的道路桥梁地基,采取有效的防水措施。如在地基周边设置止水帷幕,采用深层搅拌水泥土桩、高压旋喷桩等形式形成封闭的止水结构,阻止地下水渗入地基,保持地基土的稳定性与承载能力。

3.4.2 抗震加固策略

(1) 抗震设计优化:在地震频发地区的道路桥梁设计中,充分考虑地震作用,采用抗震性能好的结构形式与基础类型。如采用桩基础时,增加桩的长度与直径,提高桩基础的抗震能力;在桥梁结构设计中,设置合理的抗震构造措施,如抗震挡块、阻尼器等,吸收和消耗地震能量,减轻地震对地基基础的影响。

(2) 地基抗震加固:对现有道路桥梁地基进行抗震加固,可采用地基注浆加固、增设抗震桩等方法。通过向地基土中注入水泥浆、化学浆液等加固材料,提高地基土的强度与密实度,增强地基的抗震性能。在地基周边增设抗震桩,与原地基基础共同抵抗地震力,提高地基基础的整体稳定性。

4 结束语

道路桥梁地基基础承载力影响因素错综复杂,地质条件奠定基础,施工工艺直接塑造,上部结构荷载与自然环境因素持续作用。这些因素并非孤立,而是相互交织,共同决定地基基础的承载表现。深刻理解它们,是保障道路桥梁安全稳定的关键。未来,应聚焦于多因素耦合作用下的深入研究,探索更精准的评估方法与有效的应对策略,为交通基础设施建设筑牢根基,推动行业迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]郑晖.道路桥梁施工中软弱地基处理措施分析[J].运输经理世界,2023,(08):84-86.
- [2]孙爱敏.市政道路桥梁地基施工技术与管理[J].四川水泥,2022,(07):273-275.
- [3]冯卡.道路桥梁施工中软弱地基处理措施[J].江苏建材,2022,(02):52-54.