

浅谈重力式挡墙的稳定性及其影响因素

赵俊杰 杨永红 苏永彪

包头市公路事业发展中心 内蒙古 包头 014030

摘要: 重力式挡墙稳定性取决于自重与侧向荷载的动态平衡,其核心为抗滑、抗倾覆能力。影响因素包括挡墙结构形式、材料特性、地基条件、荷载作用及环境因素。墙背坡度、高度及断面形状影响土压力分布,地基承载与抗剪性能决定基础稳定性,土压力、水压力及超载加剧侧向荷载,温度变化、冻融循环等环境因素则引发累积损伤。通过优化结构设计、改善地基、控制荷载及加强防护,可提升稳定性,为工程安全提供保障。

关键词: 重力式挡墙; 稳定性; 影响因素

引言

重力式挡墙凭借自重抵抗侧向土压力,广泛应用于土木工程。其稳定性直接关系工程安全,需平衡抗滑、抗倾覆力矩与侧向荷载引发的破坏力矩。实际中,结构参数、地基特性、荷载条件及环境作用的耦合影响,常导致挡墙失稳。本文结合挡墙工作机理,分析自身结构、地基、荷载及环境对稳定性的影响,探讨提升稳定性的技术措施,为工程设计与维护提供理论参考。

1 重力式挡墙稳定性概述

重力式挡墙作为依靠自身结构自重抵抗侧向土压力的支挡结构,其稳定性是确保工程安全的核心指标,其工作原理基于结构自重产生的抗滑力矩与抗倾覆力矩,与侧向荷载引发的滑动力矩和倾覆力矩之间的动态平衡。墙体所承受的侧向土压力分布形式随回填土性质、墙体位移形态及墙背倾角变化而改变,主动土压力状态下的受力特征需结合库仑理论或朗肯理论进行精准计算,以确定结构在极限平衡状态下的荷载边界条件。墙体材料的物理力学性能直接影响整体稳定性,块石、混凝土等刚性材料凭借较高的重度和抗压强度为结构提供基础自重,而材料的抗剪强度指标则决定了墙体沿基底或潜在滑动面发生剪切破坏的临界状态,通过控制材料的级配、密实度及强度等级,可有效提升结构抵抗变形的能力。地基承载特性是重力式挡墙稳定性的重要依托,地基土的承载力特征值需满足基底压力的分布要求,避免因局部应力集中导致地基失稳,同时地基土的抗剪强度参数与压缩模量将影响墙体的沉降变形规律,不均匀沉降可能引发墙体开裂或整体倾斜,进而破坏原有的力学平衡状态。渗流作用对挡墙稳定性的影响不容忽视,雨水或地下水在墙后填土中的渗透会产生动水压力,降低填土的有效重度和抗剪强度,同时可能引发管涌、流土等渗透破坏现象,通过设置排水孔、反滤层等

构造措施,可有效减少渗流对墙体侧向压力及填土力学性能的不利影响。在长期使用过程中,挡墙稳定性还需考虑环境因素的累积效应,温度变化导致材料胀缩、冻融循环引发的结构损伤以及填土固结沉降产生的附加应力,均可能逐步改变结构的受力状态,通过合理的构造设计与定期监测,可及时发现稳定性指标的异常变化,为维护加固提供技术依据。

2 重力式挡墙稳定性的影响因素分析

2.1 挡墙自身结构因素

重力式挡墙的结构形式对其稳定性有着关键作用。墙背坡度不同,所承受的土压力大小和分布便会有所差异。例如仰斜墙背,土压力相对较小,因其与土体的相互作用方式使土体对墙体的侧向推力得到一定程度缓解;俯斜墙背的土压力则较大。墙体高度同样不容忽视,高度增加,墙后土压力随之增大,对墙体抗滑和抗倾覆能力的要求也更高。较高的墙体在相同条件下,更易因土压力的增大而出现滑移或倾覆现象。墙体的断面形状也影响着稳定性,梯形断面通过合理分布墙体材料,降低重心高度,增加结构的稳定性。墙体材料的特性也至关重要。块石、混凝土等材料的重度决定了墙体自重大小,较大的自重有助于提供更多的抗滑和抗倾覆力矩。材料的抗压强度影响墙体抵抗竖向压力的能力,若抗压强度不足,墙体可能在自身重力与土压力的共同作用下发生压碎破坏。材料的抗剪强度指标则关乎墙体沿基底或潜在滑动面抵抗剪切变形的能力,抗剪强度越高,墙体在水平方向的稳定性越好,能有效避免因剪切破坏导致的结构失稳^[1]。

2.2 地基条件因素

地基土的承载能力是重力式挡墙稳定性的基础保障。当基底压力超过地基土的承载力特征值时,地基会产生过大沉降,严重时可能导致地基失稳。不同类型

的地基土,如黏土、砂土、粉土等,其承载能力各不相同。黏土的承载能力相对较高,但变形特性较为复杂;砂土的承载能力受密实度影响较大,密实度高时承载能力强。地基土的抗剪强度参数对挡墙稳定性也有重要影响,抗剪强度不足会使地基在土体侧向压力作用下发生剪切破坏,进而影响挡墙的稳定。地基土的压缩模量反映了其抵抗压缩变形的能力。压缩模量较低的地基土,在挡墙荷载作用下容易产生较大沉降,不均匀沉降会导致墙体倾斜、开裂,破坏挡墙原有的力学平衡。例如在软土地基上修建重力式挡墙,若不进行适当处理,地基的较大沉降和不均匀沉降问题可能会使挡墙难以正常发挥作用,甚至出现严重的安全隐患。地基的稳定性还与地下水位有关,地下水位过高会降低地基土的有效重度,减小地基土的抗剪强度,增加地基失稳的风险。

2.3 荷载因素

土压力是重力式挡墙承受的主要荷载之一。墙后土压力的大小和分布受填土性质、墙体位移、墙背倾角等多种因素影响。依据库仑土压力理论和朗肯土压力理论,在主动土压力状态下,填土的内摩擦角、重度以及墙背与填土之间的摩擦角等参数决定了土压力的大小。填土内摩擦角越大,土压力越小;填土重度越大,土压力则越大。墙体位移状态也会改变土压力大小,当墙体有一定向填土方向的位移时,土压力会逐渐增大,接近被动土压力状态;向远离填土方向位移时,土压力减小,趋近主动土压力状态。除土压力外,水压力对挡墙稳定性的影响也不容忽视。当墙后填土中有积水时,会对墙体产生静水压力,增加墙体所承受的侧向荷载。尤其是在暴雨等极端天气条件下,墙后水位迅速上升,水压力急剧增大,可能导致挡墙因无法承受过大的侧向力而失稳。当存在动水压力时,如在地下水流动或有水流冲刷的情况下,动水压力会进一步降低填土的有效重度和抗剪强度,对挡墙的稳定性产生更为不利的影响。车辆荷载、堆积物荷载等地面超载也会增加墙后土压力,改变挡墙的受力状态,在设计和分析挡墙稳定性时需充分考虑这些荷载的作用^[2]。

2.4 环境因素

温度变化对重力式挡墙的稳定性存在一定影响。挡墙材料会因温度变化产生热胀冷缩现象,尤其是在昼夜温差较大或季节性温度变化明显的地区。这种热胀冷缩可能导致墙体内部产生温度应力,当温度应力超过材料的抗拉强度时,墙体就会出现裂缝。裂缝的产生不仅削弱了墙体的强度,还可能为雨水等外界因素的侵入提供通道,进一步影响墙体的稳定性。例如在寒冷地区,冬

季低温使混凝土等材料收缩,夏季高温又使其膨胀,反复的温度循环作用可能加速墙体的损坏。冻融循环也是影响挡墙稳定性的重要环境因素。在寒冷地区,当墙后填土中的水分在低温下冻结时,体积会膨胀,对墙体产生较大的冻胀力。在温度升高解冻时,土体的结构可能遭到破坏,强度降低。反复的冻融循环会使填土的物理力学性质恶化,抗剪强度降低,同时对墙体产生持续的破坏作用,导致墙体出现裂缝、剥落等损伤,严重影响挡墙的稳定。填土的长期固结沉降也会产生附加应力,改变挡墙的受力状态,随着时间推移,可能对挡墙稳定性造成不利影响。

3 提高重力式挡墙稳定性的措施

3.1 优化挡墙结构设计

(1) 针对墙背形式进行合理选型,这是挡墙设计施工中保障安全稳定的重要前提。要紧密结合工程地质条件,选用仰斜式墙背,能有效减小主动土压力。施工时细致调整墙背倾角,让墙背与填土间的摩擦角充分施展作用,降低侧向荷载对墙体的倾覆效应。高度较大的挡墙可采用分级砌筑,设平台分散土压力、减自重,调整断面降重心以增强抗倾覆稳定性。(2) 选择重度较大且抗压、抗剪性能优良的材料,如采用片石混凝土或毛石砌体,确保墙体自重能够提供足够的抗滑阻力,对于受力复杂区域可通过提高混凝土强度等级增强材料整体性,在墙体断面设计中采用变截面形式,底部适当加宽以增加基底接触面积,降低基底应力并提升抗滑能力,同时在墙身设置伸缩缝避免温度应力导致的开裂。(3) 优化排水系统设计,在墙身适当高度设置间距合理的排水孔,排水孔出口处设置反滤层防止填土颗粒流失,墙后回填透水性材料形成排水通道,将渗入填土的雨水或地下水及时排出,减少静水压力和动水压力对墙体的不利影响,通过三维有限元分析验证结构设计参数,确保在各种工况下墙体的应力分布符合材料力学性能要求。

3.2 改善地基条件

(1) 对地基土进行预处理以提高其承载能力,对于软土地基可采用换填法置换表层软弱土层,选用级配良好的砂石或灰土等材料并分层压实,使处理后的地基承载力特征值满足基底压力要求,对于存在饱和砂土的地基,通过振冲加密或挤密碎石桩等方法提高地基土的密实度,增强其抗剪强度和抗液化能力,避免在侧向荷载作用下发生剪切破坏。(2) 采用地基加固技术改善土体力学性能,对于黏性土地基,可运用深层搅拌桩形成复合地基,让水泥土与原地基土紧密结合、共同作用,显著提升整体刚度,有效减少挡墙沉降量。若地基存在

不均匀情况,需对特定区域进行局部加固处理,调整地基土的压缩模量使其趋于均匀,将墙体沉降差精准控制在允许范围内,防止因沉降不均导致墙体开裂或倾斜。

(3) 设置合适的基础形式增强地基与墙体的协同作用,对于岩质地基可采用嵌岩基础,使墙体底部嵌入稳定岩层一定深度以提升抗滑阻力,对于土质地基采用扩大基础增大受力面积,通过调整基础埋深避开地下水位变化较大的区域,减少地下水对地基土有效重度和抗剪强度的不利影响,确保地基在长期荷载作用下的变形稳定。

3.3 合理控制荷载

(1) 严格控制墙后填土的物理力学指标,选用内摩擦角较大、透水性良好的砂类土或碎石土作为回填材料,避免使用高塑性黏土或淤泥质土,回填过程中采用分层碾压工艺确保填土密实度达到设计要求,减少填土自重过大或后期固结沉降产生的附加土压力,通过现场试验确定填土的最优含水率和压实系数,使填土抗剪强度指标满足主动土压力计算的边界条件。(2) 采取措施降低水压力对墙体的作用,在墙后设置截水沟拦截地表径流,防止雨水大量渗入填土,对于地下水位较高的区域,在挡墙背部设置盲沟或渗水管,将地下水引至排水系统排出,减少静水压力对墙体的侧向推力,同时在填土表面铺设防渗层,阻断雨水下渗路径,避免填土因含水率升高导致重度增加和抗剪强度降低。(3) 对地面超载进行严格管控,依据挡墙的设计参数与周边环境,精准限制挡墙附近堆载的高度和范围,杜绝车辆荷载或堆积物荷载通过填土传递至墙体,防止产生附加土压力。若因施工等需求必须设置临时荷载,要运用专业方法计算其对挡墙稳定性的影响程度,采取扩散垫层等有效措施分散荷载应力,确保附加荷载下墙体抗滑和抗倾覆安全系数满足规范^[3]。

3.4 加强环境保护

(1) 针对温度变化采取防护措施,在墙体表面涂抹保温涂层或设置保温层,减少昼夜温差和季节性温度变化引起的材料胀缩,对于混凝土挡墙在浇筑过程中采取温控措施,降低水化热导致的内部温度应力,避免温度

裂缝产生,在伸缩缝内填充弹性密封材料,允许墙体在温度变化时产生一定位移而不出现结构性损伤,确保温度应力不超过材料的抗拉强度极限。(2) 防治冻融循环对挡墙的破坏,在寒冷地区需严格选用抗冻性等级符合要求的墙体材料,保证混凝土或砌体在反复冻融作用下强度不会显著降低。对墙后填土进行科学改良,掺入适量石灰或水泥以降低填土的冻胀敏感性,有效减少冻结时的体积膨胀力。在挡墙底部精心设置防冻层,用级配砂石等非冻胀性材料置换表土层,避免地基土冻胀致墙体不均匀隆起。(3) 控制填土长期固结对挡墙的影响,回填前需精心对填土开展预压处理,通过合理加载加速其前期固结沉降,有效减少挡墙建成后的附加沉降量。选用透水性优良的填土材料,加快水分排出以缩短固结时间,降低长期沉降产生的附加应力。定期精准监测挡墙的沉降变形和倾斜度,全面收集数据并深入分析,评估固结沉降对墙体稳定性的影响趋势,及时采取针对性措施避免不利影响累积。

结语

综上所述,重力式挡墙稳定性是结构、地基、荷载及环境多因素共同作用的结果。优化墙背形式与材料选择、改善地基承载性能、控制土压力与水压力、加强环境保护,是保障其稳定的关键。通过多维度措施协同作用,可有效提升抗滑、抗倾覆能力,应对长期环境累积效应。工程实践中需结合具体条件动态调整方案,通过监测与维护,确保挡墙长期安全服役,为土木工程支挡结构设计提供可靠依据。

参考文献

- [1] 刘杰,宋家乐,白佳豪.基于非线性屈服准则的重力式挡墙地震旋转稳定性分析[J].建筑科学,2025,41(5):75-83.
- [2] 吕鹏举,罗强,周成,等.高速铁路重力式路肩挡墙抗倾覆稳定性对路基面动变形影响[J].铁道学报,2024,46(4):167-176.
- [3] 张瀚文,蒋良淮,杜美玲,等.重力式挡土墙抗震稳定性检算最不利状态选取探讨[J].防灾减灾工程学报,2024,44(2):372-380.