

季节性冻土地区地基土回填压实施工质量控制与沉降预防措施

张钟敏

湖州市港航工程建设有限公司 浙江 湖州 313000

【摘要】：季节性冻土地区地基土回填压实施工的核心任务，是破解冻土冻融交替引发的压实度不足、地基沉降等难题，保障工程结构长期稳定运行。结合季节性冻土的冻胀融沉特质，明确回填土料选型、压实参数调控、分层施工工艺是质量管控的核心要点，通过优化压实机械搭配、严格把控回填分层厚度与含水率，可有效改善回填土密实程度，减少冻融过程中的体积形变。同时，配套落实排水防渗、防冻保温等针对性沉降预防举措，能削弱冻融循环对地基结构的侵蚀，化解不均匀沉降风险。工程实践证明，科学的压实质量管控与精准的沉降预防相结合，可有效提升该类地区地基回填工程的可靠性，为同类工程项目施工提供可借鉴的实践范例。

【关键词】：季节性冻土；地基回填压实；质量控制；沉降预防

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.092

引言

季节性冻土地区分布范围广阔，该区域地基土体在冻融交替作用下易发生体积变形，进而引发回填压实施工质量不达标、地基沉降等问题，直接影响工程结构的安全性与耐久性，成为此类地区工程建设中的核心技术瓶颈。地基土回填压实质量是控制地基承载力的关键，沉降隐患防控则决定工程长期使用效能，二者均与工程整体稳定性密切相关。立足这一现实背景，结合季节性冻土冻胀融沉特性，围绕地基土回填压实施工质量管控要点，探索科学可行的沉降预防措施，既是破解现场施工难题的现实需要，也可进一步完善季节性冻土地区地基施工技术体系，为后续正文的详细论述奠定基础。

1 季节性冻土地区地基土回填压实施工背景及工程现状

季节性冻土区域受气候条件制约明显，寒冬时节气温跌破零度，地基回填土体中的水分便会冻结膨胀；入夏后气温回暖，冻土逐步消融，土体结构随之变得松散、强度衰减，冻融交替的现象伴随工程建设与后期使用的全流程，给地基土回填压实施工造成不少困扰。现阶段，该类区域工程建设体量不断拓展，道路、建筑、市政等各类工程项目均需开展地基回填压实施工，回填土料的选型、施工工艺的规范程度，直接关联工程最终质量。实际施工过程中，部分项目存在回填土料与设计标准不符、压实工艺不科学等问题，再加上对季节性冻土的冻胀融沉特质考量欠缺，致使回填土密实度不足、整体性欠佳，冻融循环后极易出现开裂、沉降等质量隐患。此外，现有施工技术在适配季节性冻土地区特殊工况上仍有提升余地，针对性的施工管控规范尚未完善，造成地基回填压实施工质量高低不一，难以充分保障工程长期稳定运行。

2 季节性冻土地区地基土回填压实施工质量及沉降问题分析

季节性冻土地区地基土回填压实施工出现的质量缺陷与

沉降隐患，本质上是冻土冻融交替的天然劣化特性与现场施工管控薄弱双重因素叠加所致，各类问题相互关联、传导放大，直接削弱工程结构安全性与长期使用耐久性。回填施工质量短板集中体现在材料适配管控与工艺执行落实两大关键环节。部分项目对回填土料源头把控不严，存在杂质混杂、颗粒级配离散、有机质与软弱颗粒含量超标等情况，同时含水率调控偏离最优压实区间，导致土体在冻结阶段内部水分膨胀破坏原有骨架结构，融沉阶段又出现密实度大幅下降、孔隙率显著增大，难以达到设计承载力与稳定性要求^[1]。压实工艺不规范问题同样突出，分层铺筑厚度超标、压实机械与土料特性不匹配、压实遍数不足及作业覆盖面不全等现象较为常见，极易造成深层土体压实不密实、内部形成隐蔽松散夹层，为后期不均匀沉降与结构变形埋下重大风险。在质量缺陷基础上，冻融循环诱发的不均匀沉降成为最突出的工程病害。冻胀阶段土体不均匀抬升产生局部应力集中，融沉阶段土体软化压缩引发大幅下陷，进而造成地基开裂、上部结构受力失衡。此外，施工现场排水防渗体系缺失或布设不合理，地下水与地表水持续渗入回填土层，大幅加剧冻融侵蚀强度，进一步扩大沉降变形幅度与破坏范围。各类问题相互耦合作用，显著降低地基整体稳定性，成为制约季节性冻土地区地基回填工程质量提升、保障工程长期安全运行的核心制约因素。

3 季节性冻土地区地基土回填压实施工质量控制及沉降预防对策

3.1 回填土料质量管控

3.1.1 合理筛选适配性回填土料

结合季节性冻土地区冻胀融沉显著、土体稳定性差、水热变化剧烈的工程特性，对回填土料进行多维度筛选、适配性论证及质量核验，优先选用颗粒级配连续均匀、有机质及杂质含量符合规范要求、无冻块、无结块的优质填料。重点选取粉质黏土、砂壤土等透水性适中、冻胀敏感性较弱、力学性能稳定的土类作为主体回填材料，坚决杜绝大块冻土、腐殖土、淤泥、

杂草及建筑垃圾等劣质性填料进场,从材料源头消除因土料自身缺陷引发的压实不均、后期冻胀变形过大、承载力不足等质量隐患。土料进场前,必须开展颗粒组成分析、含水率检测、最优压实参数试验等全面质量检测,严格核验各项物理力学指标,确保其与当地冻融环境、现场施工工艺及设计要求高度适配,为后续分层回填、均匀压实作业有序开展,以及地基长期稳定运行提供坚实可靠的材料支撑。

3.1.2 严控回填土料含水率

结合季节性冻土区域气候多变、温差较大的工程背景,对回填土料含水率实施全过程动态监测与闭环调控,确保土料始终处于最佳压实区间,从材料源头降低冻融循环带来的结构损伤。含水率偏高会在冻结阶段产生过量体积膨胀,消融后又造成土体软化、承载力骤降;含水率偏低则会增大颗粒间摩擦阻力,导致压实困难、密实度难以达标^[2]。冬季施工通过覆盖保温、分层预融等措施避免土料冻结结块,维持含水率稳定;夏季施工采用间歇性均匀洒水,防止水分过快蒸发失衡。通过分时段、分气候精准管控,为分层回填压实提供稳定材料条件,显著提升土体密实度与抗冻融性能,为地基长期稳定筑牢材料基础。

3.2 回填压实施工工艺控制

3.2.1 规范分层回填与压实流程

严格遵循分层回填、分层压实的核心准则,结合季节性冻土地区地质条件、气候环境及现场作业实际,对回填分层厚度开展精细化计算与管控,在保障压实质量的前提下兼顾施工效率,既杜绝分层厚度过大造成下部土体密实度不足、内部存在薄弱区域,也避免分层过薄引发工序重复、工期延误与成本增加。压实作业阶段根据回填土料类别、最优含水率及结构受力部位差异,选配压路机、夯机等适配设备,科学调整行驶速度、激振力与压实遍数,实行全断面、全覆盖压实作业,严格杜绝漏压、欠压、局部过压等问题,大幅提升土体整体密实度与均匀性,有效降低冻融交替作用下的体积变形与结构失稳风险,为地基在复杂环境下长期稳定运行奠定坚实工艺基础。

3.2.2 优化季节性施工管控措施

针对季节性冻土地区冬季严寒低温、夏季高温多雨的极端气候差异,对施工时序、作业方式与技术参数实施分季节动态优化,建立适配气候特征的全过程施工管控机制。冬季施工优先选择日间气温回升时段组织作业,缩短土体裸露时间,工序完成后立即采用保温棉被、土工布等材料对回填层全覆盖封闭防护,避免土体因温度骤降快速冻结产生裂缝与结构损伤^[3]。夏季施工则强化现场临时排水系统布设,及时疏排雨水与积水,防止回填土被浸泡导致含水率失控,同时避开正午高温时段施工,减缓土料水分过快蒸发,保持压实条件稳定。通过分季节精准调控作业组织与工艺参数,确保不同气候环境下回填

压实质量均能满足设计要求,为提升地基抗冻融、防沉降能力提供可靠施工支撑。

3.3 沉降预防配套措施落实

3.3.1 完善排水防渗体系

立足季节性冻土地区冻融循环频繁、水热变化剧烈的工程特性,构建集排水疏导与防渗阻隔于一体的综合防护体系。在地基回填区域内部合理布设盲沟、渗水管、排水垫层等竖向与横向疏导设施,高效排出土层内滞留地下水与表面积水,减少水分在土体孔隙中的长期积聚,从源头切断冻融破坏的水分来源,弱化冻胀融沉对土体结构的侵蚀作用,从根本上抑制沉降隐患萌生。同时在回填土层表层连续铺设防渗膜、混凝土封闭层等阻隔构造,严密阻断外部雨水、地表径流及浅层渗水侵入路径,稳定维持回填土含水率与结构整体性,避免水分长期浸润引发土体强度衰减、承载力下降等问题,大幅降低不均匀沉降与结构开裂风险,为地基在复杂冻融环境下长期稳定运行构筑坚实的防水防护屏障。见图1所示:



图1 季节性冻土地区地基排水防渗体系实施流程图

3.3.2 强化地基防冻保温处理

结合季节性冻土地区设计冻深指标与区域长期气象条件,对地基实施全方位、系统化防冻保温处理,在回填土层上方铺设专用保温隔热构造,优先选用导热系数低、耐候性与耐久性突出的保温材料,形成稳定的温度缓冲层,有效减小冬季土体冻结深度,控制冻胀变形幅值,缓解冻融循环往复作用对地基结构产生的扰动与损伤^[4]。针对冻胀敏感性较强、地质条件复杂的重点区段,可在回填土体中掺入适配的改良材料,优化土体颗粒级配与内部孔隙特征,从材料层面降低冻胀风险,增强土体整体稳定性与抗变形能力。通过保温防护与土质改良协同实施,多维度削弱冻融破坏效应,切实提升地基长期服役稳定性,为上部结构安全运营提供坚实保障。

4 季节性冻土地区地基土回填压实施工质量控制及沉降预防成效验证

4.1 回填土压实质量成效验证

回填土压实质量是地基稳定的核心支撑,落实前文管控对策后,压实质量得到有效改善。现场检测数据表明,适配性土料的合理选用,成功解决了传统土料经冻融作用后结构松散的弊端,所选土料颗粒级配均衡,无杂质、冻块等质量缺陷,物理力学性能完全契合设计规范。含水率的动态调控,使回填土始终维持在最优压实状态,搭配规范的分层压实工艺,回填土密实程度大幅改善,土体整体性能明显提升,彻底根除了漏压、欠压引发的松散夹层问题。冬季施工期间,土料覆盖保温、分层解冻等举措,有效化解了土料冻结后难以压实的困境;夏季施工中的排水疏导、洒水调控,保障了压实质量的稳定性,全面扭转了以往压实质量高低不一的局面,为地基抗冻融、防沉降筑牢了坚实根基。

4.2 地基沉降防控成效验证

沉降预防配套措施的系统实施,对季节性冻土地区冻融交替引发的沉降问题形成有效管控,整体防控成效稳定可靠。构建的排水防渗体系可及时疏排回填土层内地下水与地表水,降低水分在土体孔隙内积聚概率,减轻冻融循环对土体结构的持续侵蚀,避免因含水率过高造成土体软化、承载力下降等不利状况。防冻保温处理通过铺设保温隔热层、掺入土体改良材料等手段,有效减小冬季土体冻结深度与冻胀变形量,缓解冻融交替产生的应力集中,显著抑制地基不均匀下沉、结构开裂等病害。经现场长期跟踪观测,采用该套防控措施后,地基累计沉降量与沉降速率均控制在设计允许范围内,无明显不均匀沉降现象,上部结构受力状态稳定,从根本上解决了传统施工中

沉降多发、变形失控的难题,为工程长期安全运营提供坚实保障。

4.3 工程整体应用成效验证

将上述质量控制与沉降预防对策应用于季节性冻土地区实际地基回填工程,整体应用效果突出,有效提升了工程的可靠性能与耐久性能。工程施工阶段,回填压实施工效率得到明显改善,规避了因质量不达标引发的返工整改问题,缩短了施工工期,节约了施工成本^[5]。工程投入运营后,经长期跟踪监测发现,地基回填土层结构稳固,无压实度不足、开裂、沉降等质量隐患,上部结构运行平稳,完全契合工程长期稳定运行的设计标准。该套对策贴合季节性冻土地区的气候特征与施工实际条件,破解了以往施工中的核心技术瓶颈,不仅提高了单个工程的施工质量,更为同类地区地基土回填压实施工提供了可参考的实践范例,进一步完善了季节性冻土地区地基施工的技术框架,充分体现出对策的实用价值与可行性。

5 结语

本文围绕季节性冻土地区地基土回填压实施工质量控制与沉降预防展开全面阐释,明确该类地区地基回填施工的背景及现状,深入剖析施工质量与沉降问题的核心诱因,结合冻土冻融交替特性,提出涵盖土料管控、工艺优化、配套防护的针对性举措,并通过多维度验证,证实其在改善压实质量、防控沉降隐患、保障工程稳定运行方面的切实效果。全文系统梳理施工核心要点,厘清质量管控与沉降预防的内在关联,形成贴合该类地区工况的管控思路。基于本文研究,可进一步优化技术细节、完善施工管控规范,为同类工程提供针对性实践参考,推动该领域施工技术持续完善与提升。

参考文献:

- [1] 马家辰.季节性冻土区道面基础施工中的防冻胀技术措施[J].建设机械技术与管理,2025,38(05):169-171.
- [2] 谢强,王端舛,严沁茹,等.回填土地基压实质量现场快速检测方法探究[J].石河子科技,2025,(05):37-38+21.
- [3] 李瑞涛,袁其华,范庆华,等.寒冷地区季节性冻土路基土强度与冻胀敏感性的关联规律研究[J].时代汽车,2025,(20):19-21.
- [4] 李崇华.呼伦贝尔地区冻土分布特征及路基处治措施[J].黑龙江交通科技,2024,47(08):69-73.
- [5] 谢聪.季节性浅冻地区冻土路基处理探讨[J].科技资讯,2022,20(24):93-96.