

黄土地区湿陷性地质勘察与处理措施研究

杨 强

新疆昌吉方汇水电设计有限公司, 新疆 昌吉 831000

[摘要]黄土地区湿陷性地基问题会对建筑结构的稳定造成很大影响,研究该类地质勘察技术及防治措施具有重大的现实意义。通过多种勘探方法的综合使用,对湿陷性黄土的种类特征、沉降量、空间分布特征进行系统分析,论述强夯法、灰土挤密桩施工等典型处理工艺的技术原理、适用范围和工程效果,给该地区基础设施建设提供科学依据和技术支持。

[关键词]黄土地区;湿陷性地质;地质勘察;处理措施

DOI: 10.64635/ja.2026.1241

中图分类号: TU472

文献标识码: A

Research on Wetland Subsidence Geological Investigation and Treatment Measures in the Loess Region

Yang Qiang

Xinjiang Changji Fanghui Hydroelectric Design Co., Ltd. Changji, Xinjiang 831000, China

Abstract: The problem of collapsible foundation in the loess region has a significant impact on the stability of building structures. Studying this type of geological exploration technology and prevention measures holds great practical significance. By integrating the use of various exploration methods, a systematic analysis is conducted on the types, characteristics, settlement amounts, and spatial distribution features of collapsible loess. The technical principles, applicable scopes, and engineering effects of typical treatment processes such as dynamic compaction and lime-soil compaction piles are discussed, providing scientific basis and technical support for infrastructure construction in this region.

Keywords: Loess region; Hydric soil geology; Geological survey; Treatment measures

引言

黄土的分布范围很广,它所具有的湿陷性地质特征给基础设施建设造成了较大的技术困难。因此容易造成建筑物的地基出现不均匀沉降和结构稳定性降低等问题,从而影响工程的安全和使用寿命。在黄土区域进行准确的湿陷性地质勘探,并采取针对性治理措施,有着十分重大的实际意义和战略价值。本文主要研究黄土地区湿陷性地质勘察技术及其防治措施,促进相关领域的科技创新和发展。

1 黄土地区湿陷性地质特征

1.1 湿陷性黄土的成因

湿陷性黄土的形成是由古气候变迁、颗粒物搬运沉积以及后期成岩作用等多种因素所共同限制的。经过长时间的地质演变过程,风力搬运下来的碎屑物质逐渐形成堆积物,由于干旱少雨的气候环境,碳酸盐胶结作用形成一种特殊的架空孔隙体系。由于缺乏充分水动力驱动的固结压密作用,沉积层内胶结物只在颗粒接触的地方形成局部的联系,造成了大量的开放型孔隙系统的存在,从而决定了

它所具有的显著的物理性质以及工程属性的表现。

1.2 湿陷性黄土的物理力学性质

湿陷性黄土是特定地质环境下出现的一种典型的土体,其中很重要的一个物理性质就是天然含水量低。干燥时该类土壤主要依靠钙离子来胶结内部微观结构。由于孔隙系统的分布广,当外界没有受到干扰的时候就会保持相对稳定的压缩性质,对外部施加的压力产生缓慢的变形反应。当外部水源渗透到土层里之后,其中可溶性的钙质成分就会发生溶蚀反应,摧毁原来的基础骨架支撑结构,使得松散颗粒再次排列,进而出现比较明显的塑性收缩和结构性坍塌状况。在饱和度逐渐增大的时候,土体的抗剪强度明显降低,颗粒之间的摩擦力以及粘聚力也一同变弱了,从而加大了边坡滑动、地基非均匀沉降等地质灾害发生的概率^[1]。上述力学行为的变化可以给工程场地评价、地基加固的设计提供重要的依据。

1.3 湿陷性黄土的分布规律

湿陷性黄土是典型的特殊性土,地貌分布以带状和块

状为主,多发育在高阶台地、山前冲洪积扇和河流阶地中。特别是台塬地区,由于地形平坦、沉积过程连续稳定,形成较好的地质条件和整体性;而河谷低洼处由于地下水长时间聚集,造成表层土体一直保持饱和状态,原有的自然结构被侵蚀破坏,进而使得该区域浅部湿陷性质明显降低。丘陵沟壑区受深切水流的冲刷,地层破坏,零乱散在地表。各地貌单元由于沉积背景、水文条件的不同,在湿陷土层埋藏深度及分布范围上存在明显空间分异,从宏观上讲,有比较特殊的宏观格局变化规律。

1.4 湿陷性黄土的分类

根据黄土湿陷变形的触发机理,可以将它分为自重湿陷型和非自重湿陷型两大类。自重湿陷型黄土在自重应力和地表水入渗共同作用下,易产生较大的沉降变形,主要是因为深厚土层中架空孔隙系统发育,主要分布在黄土台塬中心区。非自重湿陷型黄土在承受外部荷载或者浸水条件下才会有明显的沉降现象,主要发生在浅层沉积物上,一般地层具有较好的胶结性。根据地层埋深的不同可以分为浅层和深层湿陷性场地,前者受到地表水文循环和人类活动的影响较大,潜在的湿陷风险比较直观;后者由于上覆堆积体的压实作用,使原状孔隙度逐渐减小,因此湿陷强度也逐渐降低^[2]。

2 湿陷性地质勘察方法

2.1 工程地质测绘

工程地质测绘是勘察工作的重要部分,它的主要任务就是对整个项目区域进行全面考察,并获得地表岩土体详细的资料。经过系统的野外考察以及综合分析之后,可以准确地描述出地貌单元、地面裂缝、地形下沉等情况,并依据地下水露头所在来猜测可能的湿陷性黄土分布。并且依靠区域地质背景,水文状况改变,已经建成的建筑设施出现的各种病害数据来支撑,对地表观察成果和深部地质构造之间进行联系研究,从而大概确定湿陷性黄土的分布区。本阶段成果可以给勘探点位布置、取芯深度提供科学依据,也可以有效减少由于经验不足造成的资源浪费。

2.2 勘探与取样

在重要的测绘区域布设勘探钻孔的时候,要遵照地层垂直变化的规律,系统收集各层土的原状土样本,并且还要记载每层土体的深度、颜色、密实度和含水率等重要参数,从而精确地确定湿陷性土层的上下界限。为了减小取芯作业给土体原有状态带来的影响,必须严格遵守钻探设备的操作规程,并采取相应的防护措施。勘探点空间布局采用疏密相结合的设计方案,在高风险区段钻孔密度明显

增大,地质结构比较稳定的地方适当减小孔间距,利用分层采样数据进行整合分析,创建场地竖向湿陷性特性空间精细模型及三维可视化展现体系。

2.3 室内试验

代表土样的采集之后,要将其移入到标准的实验室环境中进行系统的理化性质测定。先测取土样天然含水量,再用粒度分析仪和孔隙比测定装置对土样进行物理性质的全面了解,然后做浸水饱和加荷试验来评判土体的湿陷性级别及各湿度状态下土体的力学反应特性。实验操作严格按照相关的土工测试规范执行,采取防护措施防止试样失水、外部因素影响结果。整理出各个环节的数据之后,得到竖向剖面中黄土属性的空间分布情况,为地基改良方案的设计提供科学的依据,还可以准确判断各个深度层次存在湿陷性风险的可能性。

2.4 原位测试

原位测试技术属于一种集成化勘探手段,在钻孔现场就可以对数据进行采集以及参数的解析。相比于传统采样方式造成的土体结构破坏,本方法在自然地质环境下能够得到力学特性信息,很大程度上克服了运输过程中的样本损坏情况。其主要优势是准确布置测点,利用取芯方法对多层黄土地基性能进行综合评价。依靠原位测试得到的数据并融合室内实验的结果加以比较分析,便能较好地弥补由于外部环境造成的误差,从而给场地湿陷性的分级以及区域上的差别划分赋予可靠的支撑。由此而形成的一种综合评价体系,不仅可以提高地基承载力预测的准确性,也可以提高工程地质调查报告的内容质量。

3 湿陷性地质处理措施

3.1 强夯法

强夯技术用重锤自由落下形成的冲击能来加强湿陷性黄土浅层地基。该工艺利用瞬间释放大能量,破坏土壤微小孔隙结构,促使土壤重新形成的过程来实现减轻自重湿陷的效果。在实施之前要根据地质勘探资料来设计具体的工艺参数,即锤头质量、落下高度、桩位布置等,并经现场试验找到最好的施工条件。在实际操作中应采取分区逐级推进的方法进行,首先对大面积的自重湿陷性区进行夯实地基处理,以提高夯实地基效果。完工之后地表土体的密度增大,吸水以后的沉降速度变慢,从而改善了整体承载能力及稳定性^[3]。

3.2 灰土挤密桩法

灰土挤密桩施工技术利用成孔设备的侧向推力,使邻近原状土发生位移、压缩来改善它的初始孔隙率。利用分

层填料、拌和和碾压的过程,形成具有高强和稳定的桩体单元,并且与周边经过压密处理的土体一起成为复合地基加固系统。由于固化后灰土具有很好的防渗性能,既可以阻止桩间黄土的湿陷性变形,又可以阻止地表水向深层渗透。根据地质勘察结果来确定桩长,结合场地湿陷等级动态调节桩位布置间距,满足中低厚黄土区地基改良的需求,并且还要兼顾承压能力改善和可能产生的湿陷风险控制

3.3 预浸水法

预浸水法是提前完成深部自重湿陷性黄土沉降固结的一种方法,实质就是人为向地层注入水,使地层产生结构上的改变。工程实施前,使用该技术可以消除预期的自重湿陷变形量,施工期间,对目标区域实行分区隔离,引入外部水源,引导地下水垂直移动到更深的地方,依靠土体自身重力和水动力的作用来实现颗粒重构和压缩作用。根据地质勘探数据综合考虑土层结构、渗透性能等各方面因素,制订科学有效的施工方案,适合于大面积深厚自重湿陷性黄土场地的治理。经由这个工艺处理过的地下空间稳定性得到明显改善,大大的削减了后续的建筑运行阶段由于积水造成的地基失稳危险。

3.4 桩基础法

桩基础的设计关键之处在于采用穿透湿陷性黄土层的方式,把上部结构的荷载可靠地转移到下伏坚实且非湿陷性的岩土层上去,从而防止湿陷性土壤受压后出现的地基变形情况发生。根据地质勘探数据确定湿陷性土体深度,合理安排桩身嵌固长度,结合场地实际情况选择合适的成桩工艺,加强施工过程质量管控,防止桩体开裂造成渗漏。承台是联系桩基础和上部结构的过渡构件,周边软弱土层发生湿陷沉降的时候,依然可以依靠稳定持力层保证建筑物整体的安全性能。该技术适合于在湿陷性土厚层分布的地区开展重要的基础设施工程建设工作。

4 处理效果评价与监测

4.1 处理效果评价指标

地基处理结束后,要围绕土体密实度、湿陷变形特性和承载力这三个主要方面来创建系统的评价指标体系。密实度指标体现孔隙压缩性能,湿陷性试验参数表现出土体残余湿陷特点,承载力指标用以评价地基实际承压能力是否满足工程设计需求。根据施工前后地质数据对比分析和行业规范来确定合适的量化评判标准,用多维综合评分法对场地加固效果进行全面评价,准确找出薄弱环节,给后面优化方案提供依据和技术支持。

4.2 处理效果检测方法

本文利用室内样品复核和现场原位试验两种方法对处理区域的物理力学性能变化进行评价。在目标区域内随机选取采样点,分层取土样,送实验室分析,量取加固前后的技术参数变化;同时做现场载荷试验,准确得到地基承载力真实值。对灰土挤密桩等复合地基工程的关键工序,重点检测桩身完整性及桩间土体的压缩状况,全面评价施工质量,在强夯作业区域注意观察夯击后表面平整度和均匀性的变化情况,对所有的检测数据加以整理归档,按照规范所规定的要求将场地可能存在的风险等级划分为五个类别^[4]。

4.3 长期监测方案

工程竣工验收阶段,应全面区域范围内对沉降监测点进行系统的设置,在建筑主体、地面设施和附属管线等各个功能模块上划分出不同的监测区域,并且安装统一的观测标识。按照事先规定的周期,定时开展周期性数据采集工作。对于前期评估出来的高风险的沉降区段,要加大监控点的布置密度,并且加上深层土壤水分传感器来监控地表径流对土体含水率的影响。监测周期要覆盖建筑物运行初期沉降速度很快的阶段,依照场地地质状况和湿陷性分类成果灵活设定采样间隔,慢慢创建起完整动态监测预警体系。

4.4 监测数据的分析与应用

通过系统的整理和详细的解析沉降速率以及含水率的变化情况,并对某几个关键的点位出现异常沉降的原因进行了溯源分析。结合地基处理历史资料,分析出地基处理的形成原因,提出相应的技术改进措施。大量数据为评价不同的地基处理工艺在湿陷性黄土区使用情况打下了基础,也为区域内的同类工程项目勘察设计、施工提供科学依据,有利于提高该地区地质灾害防治技术的发展和创

5 结束语

针对黄土区域湿陷性地质特性开展的勘察及处治策略研究,对保证建设工程的安全有着十分重要的战略意义。本文主要探究湿陷性黄土的成因机理及力学性质,联系工程实际需要给出科学的地基加固技术方案。重点在于评价治理措施的效果,并形成

【参考文献】

[1]王志刚.综合治理策略在湿陷性黄土地基稳定性提升中的应用探索[J].建材发展导向,2025,23(2):103-105.

- [2]刘琛.湿陷性黄土地区输水隧洞盾构施工安全风险评价研究[D].西安建筑科技大学,2024.
- [3]冯大财.大断面湿陷性黄土隧道施工技术的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(35):153-155.
- [4]王彦阳.湿陷性黄土地区框架桥下穿铁路工程地质勘察

分析[J].建材发展导向,2023,21(8):77-79.

- [5]杨丽娜.湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理措施探讨[J].科技创新与应用,2019,(33):130-131.

作者简介：杨强（1991.08—），男，汉族，新疆昌吉州人，本科学历，工程师，研究方向为岩土工程勘察。