

湿陷性黄土地区盐渍土地基的勘察及处理方案分析

陆志诚

西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 拟建的同心县某小学建设项目, 拟建场地位于湿陷性黄土分布区, 且靠近清水河, 因该地区气候干燥、蒸发强烈, 加之清水河河床下切及改道的影响, 致使场地存在较厚层的盐渍土。本文详细分析了湿陷性黄土地区盐渍土场地的勘察及其地基处理等, 以期达到良好的经济及社会效益。

关键词: 工程勘察; 盐渍土; 地基处理

1 前言

1.1 工程概况

拟建的同心县某小学建设项目其位于豫海镇西环路以东, 西距清水河河道约280m, 规划用地面积约48.45亩, 总建筑面积约15000m², 建设内容主要包括4栋教学楼、附属用房、门房等。

1.2 勘察等级及黄土地区建筑分类的确定

拟建工程的重要性等级为三级(一般工程), 场地复杂程度等级为二级(中等复杂场地), 地基复杂程度等级为二级(中等复杂地基), 其岩土工程勘察等级为乙级。各拟建建筑物其地基受水浸湿的可能性较大, 对不均匀沉降限制的严格程度为一般, 经综合分析确定各拟建建筑物其湿陷性黄土场地上的建筑物分类均为丙类。根据工程实施前后环境条件的变化和工程使用过程中的环境条件, 将拟建场地盐渍土地基的环境条件划分为A类使用环境。

1.3 勘察手段的选择

因拟建场地为闲置用地, 疏于管理, 场地存在大量其他建筑工地拉运过来的建筑垃圾及弃土, 致使场地地势起伏大。踏勘期间发现场地原始地表约有5cm左右的白色疏松土层, 白色粉末尝之有苦涩味, 具有典型的盐渍土场地地表形态特征。根据拟建工程特征、地质条件及国家和宁夏地方勘察标准要求, 本次勘察采用多种勘察方法, 包括车载式钻机钻探、机械洛阳铲挖掘探井、原位测试(包括圆锥静力触探试验、标准贯入试验、波速测试)、室内土工试验等, 以取得工程设计、施工所需要的岩土参数。

1.4 场地坐标系及高程的测放

拟建场地坐标系采用2000国家大地坐标系(高斯克吕格3度带投影, 中央子午线105°), 高程系统采用1985国家高程基准, 钻孔位置及孔口高程依甲方提供的规划平面总图与红线, 采用南方银河I型RTK施测。

2 场地工程地质条件

2.1 场地地形及地貌特征

拟建场地为闲置用地, 因堆积弃土的影响, 场地地势起伏大, 呈东高西低走势, 地表植被不发育, 最大相对高差约5.4m。勘察场区所处地貌单元属清水河河谷平原II级阶地。

2.2 场地岩土层分布及特征

根据勘察揭露, 在勘探深度24.50m范围内, 根据土层的地质成因、工程性能将场地内的地层分为六层, 上部为第四系全新统人工堆积填土, 下部为第四系冲积相黄土状粉土层和冲洪积相黄土状粉土层、粉砂层、角砾层。将场地内主要土层概述如下:(1)素填土: 黄褐色, 稍湿, 稍密-中密, 主要成分为黄土状粉土, 可见少量灰渣、植物根茎及其腐朽斑点等, 其主要来源自周边场地的弃土, 属新近堆积填土, 未经碾压夯实处理, 分布不连续, 仅在部分勘探点存在, 层底埋深为2.50~6.00m, 该层标贯试验锤击数平均值为6.9击, 压缩系数 a_{1-2} 平均值为0.44MPa⁻¹, 含水率 ω 平均值为13.7%, 孔隙比 e 平均值为0.965, 饱和度 S_r 平均值为38.9%, 湿陷系数 δ_s 平均值为0.039, 溶陷系数 δ_{rs} 平均值为0.005;(2)素填土: 黄褐色, 稍湿, 稍密, 主要成分为黄土状粉土, 可见少量灰渣及植物腐朽斑点等, 属老填土, 未经碾压夯实处理, 地表下约0.2m左右土体较松软且零星分布有盐霜, 分布不连续, 仅在部分勘探点存在, 层底埋深为1.00~4.80m, 该层标贯试验锤击数平均值为9.3击, 压缩系数 a_{1-2} 平均值为0.46MPa⁻¹, 含水率 ω 平均值为13.2%, 孔隙比 e 平均值为0.983, 饱和度 S_r 平均值为36.3%, 湿陷系数 δ_s 平均值为0.044, 溶陷系数 δ_{rs} 平均值为0.004;(3)黄土状粉土: 黄褐色-棕褐色, 稍湿, 稍密, 无光泽反应, 干强度低, 韧性低, 具水平层理, 偶见石膏自形晶体, 为新近堆积(Q₄²)黄土, 分布不连续, 仅在部分勘探点存在, 层底埋深为4.00~8.70m, 该层标贯试验锤击数平

均值为11.6击, 压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.38MPa^{-1} , 含水率 ω 平均值为14.8%, 孔隙比 e 平均值为0.904, 饱和度 S_r 平均值为44.5%, 含水比 ω/ω_L 平均值为0.58, 湿陷系数 δ_s 平均值为0.028, 溶陷系数 δ_{rx} 平均值为0.005; (4) 黄土状粉土: 黄褐色, 稍湿-湿-饱和, 中密-密实, 无光泽反应, 干强度低, 韧性低, 为非新近堆积(Q_4^1)黄土, 分布连续, 层底埋深为12.80~18.70m, 该层标贯试验锤击数平均值为18.5击, 压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.24MPa^{-1} , 含水率 ω 平均值为17.2%, 孔隙比 e 平均值为0.773, 液隙比 w_l/e 平均值为34.84, 饱和度 S_r 平均值为64.3%, 湿陷系数 δ_s 平均值为0.007, 溶陷系数 δ_{rx} 平均值为0.005; (5) 粉砂: 黄褐色, 湿-饱和, 密实, 主要矿物成分为石英、长石, 含有少量云母等暗色矿物, 局部含砾, 岩芯呈散状, 分布不连续, 仅在个别勘探点缺失, 层底埋深为14.00~23.50m, 该层标贯试验锤击数平均值为35.1击; (6) 角砾: 灰褐色-杂色, 饱和, 中密-密实, 角砾含量50%-70%, 粗中砂充填为主, 颗粒多呈次棱角状, 粒径以2-30mm为主。充填物以粗中砂为主, 粉质土次之, 颗粒之间无胶结, 该层分布连续, 该层分布连续, 本次钻探各钻孔均未穿透该层, 最大揭露厚度为6.00m, 最大揭露深度为24.50m, 该层重型圆锥动力触探试验修正锤击数 $N_{63.5}$ 平均值为17.6击。

2.3 水文地质条件

2.3.1 区域水文地质条件

同心县境内地表水多为河床潜流及山泉, 大部分地下水资源的矿化度较高。与勘察场区水文地质条件相联系的地表水系为场地西侧清水河, 其水文特点是水量小、泥沙多、水质差, 从上游至下游水的矿化度逐渐增高。勘察场区内地下水为第四系松散岩类孔隙水, 主要接受清水河上游的地下径流补给及大气降水垂直入渗和渠道灌溉水回归入渗。

2.3.2 场地水文地质条件

场区地下水为潜水类型, 其赋存于黄土状粉土层、粉砂层、角砾层中, 勘察期间实测稳定水位埋深13.31~18.68m之间(以孔口原始地坪始计), 水位无明显地下径流趋势, 正常年份水位年变化幅度在1.0m左右。

3 场地地基土工程性能分析与评价

3.1 湿陷性评价

勘察场地黄土工程地质分区属Ⅱ区(陇东-陕北-晋西地区)。经计算自重湿陷量 Δ_{zs} 为0.000mm, 总湿陷量 $\Delta_s = 0.000\sim 268.486\text{mm}$, 湿陷土层最大深度8.60m。除拟建附属用房的湿陷等级按无湿陷性场地考虑外, 其余拟建建筑物的湿陷等级均按Ⅰ级(轻微)非自重湿陷场地考虑。在湿陷量计算过程中, 自重湿陷量从现自然地表算起,

总湿陷量从预计基底标高算起。

3.2 场地盐渍土成因分析

勘察场区属黄河中上游干旱-半荒漠境盐渍区, 由于气候干旱, 蒸发强烈, 有利于盐分的聚集。根据现场调查研究, 该地区盐渍土以残余盐渍土为主, 其成因是由于古清水河河床较高, 地下水位相应较高而积盐形成, 同时还受到因冲洪积将上游含盐地层带来的影响, 后期因河流改道以及河床下切等, 积盐过程停止, 但由于降水量很少, 不能引起明显的脱盐, 因而土体仍大量保存过去累积的盐分, 其特点是: 地下水埋藏深, 积盐重, 厚度大, 随气候条件的不同和停止积盐过程的长短聚集在某一深层部位。

3.3 场地盐渍土分类

根据室内土工试验成果, 场地内素填土层、黄土状粉土层、粉砂层的 $c(\text{Cl}^-)/2c(\text{SO}_4^{2-})$ 介于0.06~0.65(式中 $c(\text{Cl}^-)$ 、 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 分别表示氯离子、硫酸根离子在0.1kg土中所含毫摩尔数), 平均值为0.48, 含盐量介于0.246%~2.635%, 平均值为1.458%。按照《盐渍土地区建筑技术规范》(GB/T50942-2014)的划分, 素填土层、黄土状粉土层、粉砂层按盐的化学成分分类均为亚硫酸盐渍土~硫酸盐渍土, 按盐渍土层的平均含盐量分类均为中盐渍土。

3.4 场地盐渍土溶陷性及盐胀性评价

采用室内压缩试验法测定场地盐渍土的溶陷性, 土工试验结果表明: 场地内素填土层、黄土状粉土层其溶陷系数 δ_{rx} 均小于0.010, 均无溶陷性。采用室内测定硫酸钠含量的方法评价场地盐渍土的盐胀性, 土工试验结果表明: 场地各层盐渍土中 Na_2SO_4 的含量均小于1%, 可不计盐胀性对建筑物的影响。对非盐胀和非溶陷性盐渍土地基, 除应采取防腐蚀措施外, 可按非盐渍土地基对待。

3.5 场地盐渍土的腐蚀性评价

因本场地地下水埋深较大, 综合本场地气象、水文、盐渍土的特征及实测地下水埋藏情况, 可不考虑地下水及其毛细水上升对各拟建建筑物的腐蚀性影响。

根据土工试验成果分析可知, 场地土对混凝土结构具强腐蚀性, 对钢筋混凝土中的钢筋按具中腐蚀性, 就PH值而言对钢结构具微腐蚀性。根据土中盐离子含量及埋置条件, 土中盐离子对砖、水泥、石灰的腐蚀等级按强腐蚀性考虑。鉴于本场地盐渍土为以硫酸盐为主的盐渍土, 其主要通过化学作用, 与水泥、砂浆、混凝土和黏土砖类建材发生腐蚀破坏, 此外, 其对钢结构、混凝土中的钢筋、地下管道等也有一定的腐蚀作用, 故应加强防腐设计, 确保结构在使用年限内的安全性、适用性

和耐久性。

3.6 场地地震效应

场区地震设防烈度为8度，设计基本地震加速度值0.20g、设计特征周期值0.45s，设计地震分组为第三组。根据场地剪切波速测试成果，等效剪切波速介于216.82m/s~249.34m/s，覆盖层厚度介于24.29m~25.46m，场地土类型为中软场地土，场地类别为Ⅱ类。采用标准贯入试验法及土的黏粒含量分析法，采用场地历史最高水位，对20m深度范围内饱和粉土、粉砂进行液化判别，经判别均属不液化土层，场地抗震地段划分为一般地段。

3.7 场地不良地质作用及特殊性岩土评价

场区内无岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、地裂缝等不良地质作用。本次勘察场区范围内特殊性岩土分别为湿陷性土、填土、盐渍土。勘察范围内湿陷性土层和盐渍土层厚度较大，且部分土层同时具有湿陷性和盐渍土特征，其对场地的排水设计、防水设计及管道防渗等均具有特殊要求，应加强设计、施工以及后期维护的相关要求；场地内填土为素填土层，土质均匀性较差，且同时具有湿陷性及盐渍化特征，工程性能较差。

4 地基处理方案的选择

盐渍土地基处理方案有换填法、预压法、强夯法和强夯置换法、砂石（碎石）桩法、浸水预溶法等。对拟建场地，根据场地土特性及其分布特征，并结合场地盐渍土的含盐类型、含盐量、环境条件及其腐蚀性等，综合考虑，对各拟建建筑物地基处理可采用换填法，因场地为硫酸盐为主的盐渍土地基，换填材料不宜选用石灰材料，综合考虑，换填材料可选用水泥土。对硫酸盐为主的环境，水泥应选用铝酸三钙含量小于5%的普通硅酸盐水泥或抗硫酸盐水泥，配置混凝土时宜掺加矿物掺合料，且要求混凝土基础不宜采用浇淋养护；水泥土中土料应采用不含垃圾杂物、有机质含量不大于8%的黏性土，破碎并过20mm孔筛。水泥土拌合料配合比为水泥土：土=1：5~1：7（重量比）。

5 结语

1) 场地内没有发现影响场地及建筑物稳定的地质构造和不良地质作用，场地稳定，适宜建筑。

2) 场地地基土为湿陷性土及盐渍土，要求场地所有排水设施应有防渗措施。

3) 除拟建附属用房的湿陷等级可按无湿陷性场地考虑外，其余拟建物的湿陷等级均按Ⅰ级（轻微）非自重湿陷场地考虑。

4) 场地盐渍土为以硫酸盐为主的盐渍土，其主要通过化学作用，与水泥、砂浆、混凝土和黏土砖类建材发生腐蚀破坏，此外，其对钢结构、混凝土中的钢筋、地下管道等也有一定的腐蚀作用，故应加强防腐设计。

5) 场地地下水埋深大，对各拟建物均无需考虑场地地下水的影响。

6) 场区地震设防烈度为8度，建筑场地类别Ⅱ类，场地为不液化场地，场地抗震地段划分为一般场地。

7) 对盐渍土场地，当水浸入后，盐分溶解速度快，水的渗透距离也较远，影响较大，加之拟建场地位于湿陷性黄土分布区，故应高度重视场地的防水排水设计。

8) 本工程涉及的湿陷性黄土地区的盐渍土，在本地区工程实践经验较匮乏，因此在工程的各个环节均应以理论为导向，辅以经验判断，并在实践中不断完善。

参考文献

- [1] 国家标准《工程勘察通用规范》（GB55017-2021）
- [2] 国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009年版）
- [3] 国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010，2016年版）
- [4] 国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》（GB50025-2018）
- [5] 国家推荐标准《盐渍土地区建筑技术规范》（GB/T50942-2014）
- [6] 宁夏回族自治区地方标准《岩土工程勘察标准》（DB64/T1646-2019）