

岩溶地区岩土工程勘察及地基基础研究

吴菊芬*

(贵州省煤田地质局一五九队, 贵州 盘州 553000)

摘要:在岩溶地区进行岩土工程勘察时为准确获得岩土体物理力学参数,为解决因岩土体工程地质特征未彻底摸清而导致勘察数据失真的问题。通过对岩溶场地岩土体地质特征进行详细分析,为设计方提供符合岩溶场地的准确勘察数据,并提出符合岩溶场地的地基基础方案设计,以期为类似岩溶地区提供借鉴。

关键词:岩溶地区;力学特征;基础方案设计

中图分类号:TU753 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2025)01-0024-04

1 概述

本文通过岩土工程勘察,查明场地岩土工程地质条件,对岩溶地区岩土体地质特征进行分析评价,为设计、施工提供基础地质资料。根据岩土体地质特征及实验数据,最终确定基础型式、基础埋深,确定持力层的强度和选择合理的基础施工方案。

2 岩土体地质特征

根据钻探揭露,场地地层为素填土层、第四系残坡积层黏土及二叠系中统茅口组(P_2m)白云质灰岩^[1]。分述如下:

2.1 素填土层(Q_4^{ml})

分布于场地部分地段,该层为近期平场时填筑形成的人工填土。灰色、黄色及深灰色,由白云质灰岩碎块夹黏土组成,碎石含量约50%~80%,粒径多为10~80mm,少量粒径大于200mm的块石,块石呈棱角状,无序堆填,回填时间较短,未完成自重固结。钻探揭露厚度为0.3~2.0m,平均厚度为0.68m。

2.2 第四系残坡积层红黏土(Q_4^{del})

该层土分布于场地部分地段,黄色,可塑,中压缩性,含少量碎石角砾,部分出露于地表,其余位于人工填土及素填土层之下。钻探揭露厚度为6.0~12.0m,平均厚度为8.81m,空间分布变化较大,该土层系下伏白云质灰岩在长期风化作用下形成的残积物。具有一定力学强度,抗剪强度指标 $c_k=31.35kPa$, $\varphi_k=11.13^\circ$,液限 W_L 为57.18%,为原生红黏土,场地内红黏土层为致密状的,偶见裂隙,裂隙通常为竖向较发育,土中裂

隙发育深度一般为2~4m。

2.3 二叠系中统茅口组(P_2m)

岩性为薄至中厚层状白云质灰岩,钻探揭露为强风化和中风化两个单元,分述如下:

(1)强风化白云质灰岩:颜色以灰黄色、灰白色为主,薄至中厚层状,钻探岩芯主要呈砂状,局部夹少量碎块。上覆中风化白云质灰岩,主要以物理风化为主,节理裂隙发育,裂隙内充填黏土,岩体破碎,岩芯呈块状、短柱状、少量柱状。根据现场编录,岩芯采取率一般为15%~20%,长度大于10cm,钻孔揭露厚度0.5~2.5m,平均厚度1.38m,厚度变化较大。岩体基本质量等级为V级。

(2)中风化白云质灰岩:深灰色白云质灰岩,薄—中厚层状,节理裂隙较发育,岩芯呈柱状,少量短柱状及块状,岩体较破碎。根据现场编录,岩芯采取率一般为30%~80%,长度大于10cm岩芯比例为20%~70%,钻孔揭露厚度0.2~9.0m,平均厚度6.26m,根据室内测试成果资料,岩石轴抗压强度测试值35.2~42.1MPa,标准值为34.67MPa,属较硬岩;岩体内节理裂隙较发育,岩体基本质量等级为IV级^[2]。

3 岩土体物理力学参数分析评价

3.1 素填土层(Q_4^{ml})

因场地内素填土较薄,且为近期平场时回填,根据地区经验,其素填土密实状态为松散,素填土推荐参数为:重度 $\gamma=18kN/m^3$ 、内聚力 $C=0kPa$ 、内摩擦角 $\Phi_k=25^\circ$,由于素填土未完成自重固结,因此在计算桩基承载力

* 收稿日期:2024-06-12

作者简介:吴菊芬(1989-),女(汉族),贵州盘州人,助理工程师,现从事岩土工程方面的工作。

时应考虑桩侧负摩阻力的影响,负摩阻力系数建议取0.30。

3.2 可塑红黏土(Q_4^{drl})

根据统计计算结果, $c_k = 31.35 \text{ kPa}$ 、 $\varphi_k = 11.13^\circ$, $\gamma = \gamma_m = 17.8 \text{ kN/m}^3$, 按照《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)第5.2.5条对可塑状红黏土层地基承载力特征值 f_{ak} 进行计算如下。

当 $\varphi_k = 11.13^\circ$ 时承载力系数为: $M_b = 0.21$, $M_d = 1.85$, $M_c = 4.31$, 取 $b = 3.0 \text{ m}$ 、 $d = 0.5 \text{ m}$ 根据下式计算得:

$$f_a = M_b \gamma b + M_d \gamma_m d + M_c c_k = 162.76 \text{ kPa}$$

根据土工试验结果统计表结果可知,可塑状红黏土的平均含水比为0.77,据此按照《贵州省建筑地基基础设计规范》(DBJ52/T045-2018)表A.0.3查得红黏土地基承载力特征值 $f_a = 178 \text{ kPa}$ 。

按照上述计算结果,计算得出可塑状红黏土承载力特征值 $f_{ak} = 162.76 \text{ kPa}$,根据红黏土现场的实际状态和本地区经验综合分析,结合地区经验,推荐可塑状红黏土承载力特征值 $f_{ak} = 160 \text{ kPa}$,挡土墙基底摩擦系数0.20。根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)表5.3.5-1,当采用干作业钻(挖)孔桩,估算单桩竖向极限承载力时,推荐可塑状红黏土极限侧阻力标准值 $q_{sik} = 25 \text{ kPa}$ 。

3.3 中风化白云质灰岩

根据统计计算结果,白云质灰岩饱和单轴抗压强度标准值 $f_{rk} = 34.67 \text{ MPa}$,根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)第5.2.6条对中风化白云质灰岩地基承载力特征值计算如下。其中,折减系数根据岩体完整程度(较破碎)、相同岩层的地基勘察经验并考虑到建筑物使用后的持续风化作用等各种因素的影响,较破碎岩体折减系数取 $\psi_r = 0.10$ 。

$$f_a = \psi_r f_{rk} = 0.10 \times 34.67 \text{ MPa} = 3467 \text{ kPa}$$

综上所述,建议中风化白云质灰岩地基承载力特征值取 $f_a = 3400 \text{ kPa}$,挡土墙基底摩擦系数0.50。参照《贵州省建筑桩基设计与施工技术规范》(DBJ52/T088-2018)表5.3.3-2,当采用嵌岩灌注桩,估算单桩竖向极限承载力时,中风化白云质灰岩极限侧阻力 1000 kPa 、极限端阻力 10000 kPa 。

强风化白云质灰岩层地基承载力特征值,参照《贵州省建筑地基基础设计规范》(DBJ52/T045-2018)附录A.0.1-1表,结合场地地质情况推荐强风化白云质灰岩地基承载力特征值 $f_a = 500 \text{ kPa}$,挡土墙基底摩擦系数0.40。根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)表5.3.5-1,当采用干作业钻(挖)孔桩,估算单桩竖向极限

承载力时,推荐强风化白云质灰岩极限侧阻力标准值 $q_{sik} = 150 \text{ kPa}$ 。

各岩土层的极限侧阻力、极限端阻力是根据规范提供的经验值,应通过单桩静载荷试验验证后使用。

4 地基基础方案设计

4.1 基础持力层选择及基础方案分析

拟建物最大层高为2F层,无地下室,框架结构,最大单柱荷载 1500 kN 。

4.1.1 素填土层

承载力低,空间分布小,不宜作为基础持力层;

4.1.2 第四系残积红黏土层

埋深较大,具有一定力学强度,空间分布均匀,可作为浅基础持力层。

4.1.3 二叠系中统茅口组(P_2m)白云质灰岩

(1)强风化白云质灰岩:强风化厚度较薄且变化较大,不宜做基础持力层。

(2)中风化白云质灰岩:中风化白云质灰岩分布连续,强度较高,是本工程理想的基础持力层。

4.2 地基基础方案及设计参数

4.2.1 地基基础方案

根据本工程场地的岩土工程条件及拟建各建筑的结构特点综合分析,建议各建筑地基基础方案如下:

拟建物可采用两种基础方案:

(1)采用浅基础(柱下条基)以红黏土作基础持力层;采用柱下条形基础时,场地内红黏土地基为变形均匀地基,但在基础设计时,仍应进行差异沉降验算,不满足要求时应进行地基处理,并应加强基础结构强度和上部结构刚度,以减少红黏土地基不均匀沉降的影响。根据《贵州建筑地基基础设计规范》(DBJ52/T045-2018)5.1.6条的规定,基础埋深宜超过大气影响急剧层深度,参照贵阳地区不宜小于 1.35 m ,或采取有效的防水保湿措施。场地拟采用红黏土地基,基础开挖后应留保护层,验槽合格后,及时封底,做好场地的截排水措施^[3]。

(2)采用深基础(桩基)以中风化基岩作持力层,场地岩溶土洞发育,当采用桩基时,桩端必须置于溶洞底板稳定地层上。

4.2.2 地基设计岩土参数(见表1)

在计算桩基承载力时应考虑素填土桩侧负摩阻力的影响,素填土的负摩阻力系数建议取0.30。各岩土层极限侧阻力值及极限端阻力值须进行单桩静荷载试验验证后使用。

表1 各岩土层参数建议表

岩土名称	天然密度 (g/cm ³)	压缩模量 (MPa)	抗剪强度		基底摩擦 系数μ	饱和单轴 极限抗压强度(MPa)	地基承载力 特征值f _a (kPa)	钻(挖)孔灌注桩	
			C(kPa)	φ(°)				极限侧阻力 标准值(kPa)	极限端阻力 标准值(kPa)
素填土	1.80	/	0	25	/	/	/	/	/
可塑状红黏土	1.78	/	31.35	11.13	0.2	/	160	25	/
强风化白云质灰岩	2.32	/	/	/	0.4	/	500	150	/
中风化白云质灰岩	27.42	/	/	/	0.5	34.67	3400	1000	10000

4.3 基础设计施工应注意的问题

4.3.1 浅基础(柱下条形基础)

(1)基础埋深建议

建议选择浅基础(柱下条基)时,基础以红黏土作持力层,基础埋深宜大于大气影响深度(参照贵阳地区不宜小于1.35m)。场地内红黏土变形均匀地基,在设计时仍应进行不均匀沉降验算,不满足要求时作地基处理,同时加强上部结构刚度;钻探揭露场地内虽无土洞出露,但单个钻孔探明的地质条件有一定的局限性,在遇土洞时,需对其进行灌浆处理^[4]。

(2)基础施工建议

红黏土失水后易收缩,浸水后易软化,水对基础的影响较大,基础埋深宜大于大气影响急剧层深度,并且处理好场地内的排水措施,基础开挖至预定深度前应保留保护层,经由施工、监理、地勘、设计、质监和业主等单位相关人员共同验收合格后再开挖到位并及时封闭。

(3)环境对基础施工的影响

由于场地地下水埋深较大,基础均在地下水位之上,不需大量抽排场地地下水,应做好场地截排水措施,防止雨水软化地基而降低其力学性质。

4.3.2 深基础(桩基础)

(1)基础埋深建议

选择采用桩基础,以中风化基岩作地基持力层时,基础嵌岩不得少于0.5m。

孔桩开挖至设计标高后,应清除基坑底残渣、排净积水,并随即进行隐蔽工程验收。验收合格后,应立即封底和浇筑基础。

(2)成桩的可能性及其对环境的影响

由于地下水对地基基础无影响,场地上覆松散素填土层最厚达2m,残积层红黏土层最厚达12m,对成桩影响最大的是上覆松散素填土层、残积层红黏土及强风化白云质灰岩,桩基坑可采用人工挖孔桩基础或机械成孔桩。

(3)成桩的可能性分析

①人工挖孔桩

本地区采用人工开挖桩基础已有较成熟的经验,劳动力资源也较丰富,场地地下水对施工无影响,对场地施工无影响,因此,采用人工开挖是可行的,但应避开雨季施工。当采用人工挖孔桩时,对成桩影响较大的是场地上覆回填的填土、红黏土及强风化层,由于该层松散,孔壁易垮塌,须做好孔桩的护壁处理,填土及强风化层内的混凝土护壁厚度不应小于100mm,混凝土强度等级不应低于桩身混凝土强度等级,并应振捣密实;护壁应配置直径不小于8mm的构造钢筋,竖向筋应上下搭接或拉接。桩基开挖应按《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)第6.6条规定采取安全防护措施。由于该场地孔桩较深,每日开工前必须检测井下的有毒、有害气体,并有相应的安全防范措施,当孔桩开挖深度超过10m时,应配备井下送风设备,风量不宜少于26L/s。

②机械成孔桩

由于场地交通方便,机械成孔在该区有一定的施工经验,也可采用机械成孔桩,对机械成孔最大的影响是上覆回填的填土、红黏土及强风化层,当遇孔桩塌孔时可采用钢护筒护壁或素混凝土进行孔壁再造。

5 结束语

(1)拟建物基础形式可选择浅基础(柱下条形基础),以可塑红黏土做基础持力层,或选择深基础(桩基础),以中风化白云质灰岩做基础持力层^[5]。

(2)本场地为岩溶强发育地段,场地为岩溶地基,钻孔孔径较小,不能完全确保持力层的完整性,地质人员需加强现场后期验槽工作。建设单位或现场施工人员如遇现场地质情况与地勘资料不吻合的情况,应及时通知地勘单位进行补充勘察,以确保拟建物的安全和稳定。

(3)当采用红黏土地基时,基础开挖后应留保护层,验槽合格后,及时封底,做好场地的截排水措施;

(下转第30页)