

# 浅谈喀斯特地区地基处理及基础设计

熊淑兵

上海绿地建筑工程有限公司 上海 200232

**摘要:** 根据岩溶洞、隙、沟、槽等喀斯特地貌所引起的地基变形破坏特点以及工程对地基稳定性的要求, 结合工程实例, 介绍喀斯特地区基础处理的一般方法和基础设计。

**关键词:** 喀斯特; 地质条件; 地基处理; 基础设计

## 引言

水对可溶性岩石所进行的作用, 包括流水的溶蚀、冲蚀、潜蚀, 以及坍塌等机械侵蚀过程, 统称为喀斯特作用, 该作用使地表和地下形成一定的地貌形态, 这种作用及其产生的现象统称为喀斯特, 其对地基往往是造成不利的影 响, 主要有以下几种: 岩溶岩面起伏, 导致其上覆土质地基压缩变形不均; 岩体洞穴顶板变形造成地基失稳; 岩溶水的动态变化给施工造成不良影响。为此我们在工程建设中对其进行地基处理, 基础设计时应考虑其影响。

## 1 对贵州龙里县城西区 C-03-01 开发项目地基基础设计的探讨

拟建建筑位于贵州省龙里县龙山镇。拟建长约142米, 宽约111米。龙里县城西区C\_03\_01地块住宅项目主要由住宅及地库组成。各单体间裙楼相连接, 总建筑面积112417.29 m<sup>2</sup>。最大单柱荷载为10000kn/柱, 采用全剪力墙结构, ±0.00标高为1079.3m, 地下室底板标高为1070.8m, 采用桩基础, 由西北综合勘察设计研究院设计。

### 1.1 该场地工程地质条件及水文地质条件

#### 1.1.1 工程地质条件

拟建场地位于“扬子准地台黔南台陷-贵定南北向构造变形区”, 以中低山峰丛地貌为主, 场地地表大范围为第四系土层所覆盖, 地面高程为1069.998~1071.66m, 相对高差为1.662m。场地地层由素填土、红粘土及基岩组成。素填土由粘土夹块石回填, 结构松散, 分布厚度3.1-6.5m, 新近回填, 力学强度低; 红粘土位于素填土层之下, 黄色, 据状态可分为硬塑、可塑、软塑三个亚单

元层, 在场地中大部分地段均有分布, 其中硬塑红粘土厚度1.0-8.3m, 土质均匀细腻, 结构紧密, 可塑红粘土分布于硬塑红粘土层之下, 厚度0-4.0m, 局部地段缺失, 软塑红粘土主要分布在场地中溶沟溶槽或溶洞裂隙中; 基岩层岩性为三叠系下统安顺组中厚层白云岩, 细晶致密结构, 岩质较硬, 其白云岩岩芯呈柱状、短柱状, 局部地段为砂状、碎块状。

#### 1.1.2 岩溶洞隙

场地场地下伏基岩为可溶岩, 据钻探揭示, 拟建场地岩溶主要以基岩面浅部、竖直发育的溶蚀裂隙为特征。局部存在溶沟溶槽, 因场地为挖方区, 相邻钻孔基岩面起伏高差大于5m, 溶洞高度为7.5-31.0m。根据本次钻探揭露, 施工钻孔716个, 见岩溶洞穴124个, 遇岩溶率约17%。根据《贵州省建筑岩土工程技术规范》(DB52/T046-2018) 7.1.3条, 场地属岩溶强发育场地。

#### 1.1.3 水文地质条件

场地地下水受地形、地貌地层岩性和水的补给源的控制, 在场地覆盖层及强风化中有大气降水形成的上层滞水, 场地基岩白云岩属岩溶含水层, 因此, 为岩溶、裂隙潜水类型。如图所示:



据《贵州省水文地质志》记载, 场地基岩内的地下水属溶隙—溶洞水, 其特点是分布不均, 过水断面变化大, 径流不够集中通畅, 水力坡度小。水量主要受岩溶发育程度、岩溶裂隙充填性质、连通性等诸多因素的影响, 地下水流速主要受含水介质及岩溶裂隙的连通性控制, 场地地下水具有富水性较强, 含水极不均匀的岩溶

**通讯作者:**熊淑兵, 1982.06.21, 男, 汉族, 籍贯:四川泸州, 单位名称:上海绿地建筑工程有限公司, 职位:技术主管, 职称:工程师, 学历:本科, 研究方向:建筑施工技术及施工管理, 邮箱scxsb@qq.com

地下水特点。根据区域水文地质资料,场区地下水为岩溶裂隙水,岩溶裂隙水主要赋存于白云岩中的溶隙、裂隙内。钻孔中观测到水位标高为1268.50~1269.9m,根据钻孔中观测水位并结合抽水试验结果,确定本次勘察稳定水位标高为1069.5m。

### 1.2 地基稳定性评价

制约地基稳定性的因素是场地中发育的岩溶洞隙,场地钻孔遇洞率为59%,属岩溶强发育带,加上场地南侧岩溶发育深达48m,且呈条带状发育。为此,我院在场地中布置了大量的声波测试点、井下电视,并采用高密度电法及瞬变电磁法相结合的物探工作,以寻找和发现场地内的隐伏溶洞及场地南侧溶沟的发育范围,溶沟两侧是否有岩体松弛圈等不良地质现象,并对不良地质现象的性质、埋深及规模作进一步查明;高密度电法及瞬变电磁法测试结果表明,场地南侧溶沟发育深度40-50m,与钻探结果相吻合,其发育长度为18.6m,宽度为3-4m。溶沟两侧2.0m以外无岩体松弛圈及鹰嘴悬岩分布,通过室内外波速测试,溶沟两侧岩体完整性系数为0.60,属较完整程度,岩体室内饱和单轴抗压强度值为36.5mpa,属较硬岩类,综合评定岩体基本质量等级为Ⅲ类。另外,溶沟走向与岩层倾向一致,均为北东45°方向,岩层面不会向溶沟临空方向滑移失稳,且垂直节理不发育,溶沟两侧2.0以外岩体稳定,考虑地基基础设计等级为甲级,溶沟两侧稳定岩体按4.0m以外考虑,即溶沟周边的基础需调整住位,设在溶沟两侧4.0m以外稳定岩体上可保证地基的稳定性,否则基础需置于40-50m以下稳定岩体上才保证地基的稳定性。另外,其余地段岩溶发育部位溶洞顶板小于5.0m的孔位均不稳定,基础必须作穿洞处理,将基底置于溶洞底板稳定岩体之上才能保证地基的稳定性。1.3地基基础方案评价

根据场地工程地质条件,结合设计提供的建筑上部荷载,中风化基岩层是本场地中较好的天然地基。拟建工程经济可行的地基基础方案为:以中风化白云岩单元作基础持力层,采用桩基础。在喀斯特地区采用机械成孔桩存在如下问题:①成孔至基岩面时因基岩面倾斜或遇溶洞,会造成孔斜;②独立石芽或岩壁因钻孔切割断裂悬于孔边,浇筑砼时因砼窜洞挤压,悬于孔边的断裂石芽或岩壁向孔内倾倒造成基础缩径影响基础质量;③喀斯特地区发育的溶洞内一般为软塑粘或流塑粘土充填,浇灌砼时因压力过大砼会挤压软塑粘土或流塑粘土

四处流窜,岩溶一般发育场地,砼浇灌量为设计用量为1.2-2.0倍,岩溶强发育场地,砼浇灌量为设计用量为2.0-4.0倍,若有连通性岩溶管道,砼浇灌量甚至更大。本场地为岩溶强发育场地,桩径按1.8m,平均桩长按48m,预计设计砼用量为1465m<sup>3</sup>,实际用量为2930-5860m<sup>3</sup>,费用昂贵。

经以上分析,确定在距溶沟两侧4.0m以外稳定岩体上加孔钻探,寻找较好的受力支撑点,采用梁板跨越处理。因场地岩溶强发育,在设计柱位未必能找到满足设计的支撑点,根据补勘资料,最后采用异形筏板跨越处理,该处理方案从工期、施工难度及成本各方面都取得良好的效益。

## 2 喀斯特地区地基处理常用的方法

2.1 填垫法:充填法适用于裸露岩溶洞隙,其上部附加荷载不大的情况。最底部须用块石、片石作填料,中部用碎石,上层用土或混凝土填塞,以保持地下水的原始流通状况,使其形成自然的反滤层。

2.2 清除爆破法:对裸露的石笋,或顶板较薄的溶洞,进行清除爆破。

2.3 加固法:对埋深较大的岩溶洞隙,宜采用密钻灌浆法加固。应视岩溶洞隙含水程度和处理目的来选择材料。用于填塞时,可用粘土、砂石、混凝土、水泥砂浆等;用于防渗时,可用水泥浆和沥青作帷幕,灌浆顺序可先外围后中间,先地下水上游后下游;用于充填加固时,用快干材料或砂石等将洞隙先行填塞,开始时压力不宜过高,以免浆料大量流出加固范围。

2.4 跨越法:深度较大、洞径较小不便入内施工或洞径虽大、但因有水的溶洞,可据建筑物性质和基底受力情况,用混凝土板或钢筋混凝土板封顶,称板跨法。对埋藏较深但仍位于地基持力层内的规模较小的塌陷或洞隙,可用弹性地基梁或钢筋混凝土梁跨越洞隙或塌陷体。在地下建筑工程的边墙、墙式挡墙、堤式坡脚挡墙及桥墩、桥台等地基下常见洞身较宽、深度又大、洞形复杂或有水流的岩溶地基,宜采用拱跨形式。拱分浆砌片石拱、混凝土拱、钢筋混凝土拱。

2.5 排导堵截:对地下水采用排水管道进行疏导,或设置防渗墙进行堵截。

2.6 桩基法:溶洞、塌陷漏斗较深较大或溶洞多层发育,可采用桩基础。在基岩起伏处,其上覆土层性质较软弱、厚度又大、不易清除时,宜采用钻孔或冲孔灌注

桩、爆扩桩，视工程需要作支承桩或摩擦桩，桩头锚入基岩内；采用打入桩时，桩尖应锚入基岩，采用人工挖孔桩时，多数情况开挖时宜设护壁。

2.7 调整柱距：适当调整柱距，尽量避开岩溶地段。

#### 结束语

岩溶地基复杂多变，在对地基进行处理时要因地制宜、运用多种手段，以扬长避短，制定出正确合理的处理方法。在基础设计中，要考虑地基、基础与上部结构相互作用的影响，根据实际状况、工程要求、施工条件，选择能抵抗危害因素，整体性好的基础形式，同时

还应尽量避开不良地层。

#### 参考文献：

[1]《项目岩土工程勘察报告》贵州开程岩土工程有限公司

[2]《贵州省建筑岩土工程技术规范》（DB52/T046—2018）第7.2.3条规定

[3]《贵州建筑地基基础设计规范》（DBJ52/T045-2018）贵州省建设厅发布

[4]《贵州省建筑桩基设计与施工技术规程》（DBJ52/T088-2018）