

成都粘土基坑支护技术应用研究

付光强, 吕建祥, 杨俊

(四川省地质工程勘察院, 成都 610071)

摘要: 成都粘土地层是目前基坑支护设计与施工中比较难以采用单独支护方式处理的一种地层。经对成都粘土地层不同深度的基坑进行总结和试验, 通过比较提出对成都粘土地层支护的一些建议, 可作为以后成都粘土地层支护的参考。

关键词: 粘土基坑; 支护; 应用研究; 成都粘土

中图分类号: P642.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-0995(2010)02-0225-04

目前成都粘土地区的基坑支护大多采用锚喷支护体系, 遇到降雨会出现坑壁坍塌现象。2007年7~10月, 成都地区长时间降雨, 东部台地的所有粘土深基坑支护工程几乎全部受损。该院承担的三圣乡锦江·城市花园, 首建设路住宅等也出现不同程度的破坏, 参考国内外的诸多相关资料, 发现成都粘土地区的深基坑支护一直以来都是支护工程中的难题, 尚无有效的措施。

1 成都粘土(基坑)的工程地质性质

1.1 工程地质特征

1) 宏观地质特征。成都粘土大面积分布于该市东郊至龙泉山麓, 厚度不等, 但在垂直剖面上没有明显的沉积间断。粘土为黄色, 根据土层颜色、裂隙发育程度、包含物的差异, 自上而下大致分为三层: ①上层灰黄色、褐黄色粘土, 粒度较粗, 结构较疏松, 质较纯, 强塑性, 含较多的有机质。此层为淋滤层, 网状风化裂隙发育, 裂面光滑, 常夹有灰白色粘土薄膜及条带。含较多铁、锰质豆石及钙质结核; ②中部黄色、红黄色粘土, 结构致密, 局部具花斑状结构, 土质均一, 强塑性, 微含砂粒。裂隙发育, 间距小于0.5m, 延伸较长, 隙壁有灰白色粘土, 粘土细腻, 滑感很强, 裂面有擦痕, 具蜡状光泽; ③下部棕黄色、黄红色、灰白色粘土, 团块状灰白色粘土增多, 与黄红色粘土构成花斑状结构。裂隙极发育, 裂面延伸较长, 隙间常夹有灰白色粘土条带, 裂面光滑, 可见擦痕, 蜡状光泽, 有滑感。

2) 粘土物质组成, 矿物成分主要为伊利石(水云母), 次为蒙脱石; 此外, 还有少量高岭石、绿泥石和石英。在不同层位、不同颜色的粘土中, 各种粘土矿物的相对含量有一定的差异。其中, 灰白色粘土中蒙脱石含量较高。粘土的pH值为7.3~7.9, 呈弱碱性, 有利于生成伊利石、蒙脱石等粘土矿物。

3) 粘土粒度成分, 砂粒2%~6%, 粉粒24.5%~34.5%, 粘粒60.8%~73.0%。

1.2 粘土基坑的稳定影响因素

1) 塑、液限(阿氏限度)。界限含水量是成都粘土工程性质中很重要的一个指标, 其膨胀潜势S与塑性指数IP存在密切的相关性, 土的胀缩一般在塑性指数界定的含水量范围内发生。

2) 最佳含水量与最大干密度, 对土体的性能有很大的关系, 对土体稳定性起着非常重要的作用。

3) 降雨入渗下的强度参数。在水的作用下, 粘土最明显的特征就是强度参数的衰减。

4) 裂隙的开展和深度。要准确估计裂缝开裂深度比较困难, 目前没有取得普遍性的结果。Fredlund指出, 土质基坑的裂缝开裂深度一般为坡顶到基坑地下水位间距离的10%~20%。

5) 压实度。H.Tosun研究了控制压实性成都粘土膨胀势的经验方法。同时得到如下结论: 高压实性粘土有较大范围的膨胀势即膨胀力; 高塑性土的高压实度可以控制; 给定膨胀力可以反算压实度; 最优含水率下90%的压实度最理想。

6) 膨胀力, 是指粘土的体积膨胀受到限制时吸水后所产生的内应力。土体受膨胀作用后, 产生膨胀, 结构受到破坏, 膨胀力作用及土体结构破坏对降低抗剪强度作用十分显著。

目前膨胀力有三种测量方法: 自由膨胀法、定体积法和线性求解法。

收稿日期: 2009-11-24

作者简介: 付光强(1979—), 男, 四川绵竹县人, 主要从事岩土工程施工及技术管理工作

7) 膨胀速度, 以膨胀率与时间关系曲线表征, 它密切关系着一定时段内土体强度降低值的大小, 从而影响施工程序, 其快慢与初始含水量有关。

8) 有效粘聚力, 含水量的大小对粘土的抗剪强度有很大的影响。当含水量较低时, 粘土的抗剪强度较高, 反之, 抗剪强度很小。成都粘土一般内摩擦角较小, 有效粘聚力对其强度影响较大。从提高强度观点来看, 施工及工后对水分的控制非常重要。

1.3 粘土基坑的失稳机理分析

1) 粘土对基坑的危害, 处在自然状态下的粘土常常表现为非饱和土的特征, 遇水急剧膨胀, 失水则严重干缩。在干燥季节, 随着水分的散失, 土体将严重干缩龟裂, 裂缝宽 1~2cm, 深度达 30~50cm。雨水可通过裂缝直接灌入土体深处, 使粘土深度湿软, 丧失粘聚力。由于粘土有极强的亲水性, 灌入深层的雨水不易排溢, 久而久之, 深层土体软化贯通成滑动面, 从而使基坑失稳。实践证明, 其对土体的粘聚力 C , 内摩擦角 ψ 影响甚大。经现场取样, 饱和快剪试验中 ψ 值为 2° 左右, 比设计取值的 30° 相差甚远, 而粘聚力 C 也有大幅度降低, 若遇到不利条件, 如基坑在雨季施工则原定设计有可能与实际情况大相径庭, 在实际工程施工中就发生过类似情况。

2) 粘土基坑失稳机理分析。相关资料采用有极限平衡法和有限元法, 从粘土胀缩特性引起的多种连锁反应如降雨、裂隙、吸力、非饱和性等不同角度分析。得到主要有三点原因: ①降雨入渗使得基坑土体中 (特别是浅层土) 吸力降低或孔隙水压力升高。孔隙水压力的升高使“有效应力”降低, 导致土体抗剪强度降低; ②在侧向约束条件下, 非饱和粘土吸水 (或吸力降低) 后的膨胀趋势以膨胀力的形式表现出来, 导致基坑土体中水平向应力增加; ③雨水入渗还会使土中的胶结物质软化, 结构性丧失, 土体的强度降低。

2 粘土基坑支护技术

成都常见的基坑支护技术

1) 排桩支护, 主要用钻孔 (冲) 灌注桩、人工挖孔桩为主要受力构件, 按柱列式间隔布置作为主要挡土结构的一种支护形式。排桩支护可分为悬臂式和支锚式, 而支锚式又分单点支锚和多点支锚。

2) 锚喷支护, 基坑开挖后, 及时支护, 与坑壁密贴, 柔性好, 有良好的物理力学性能。它能侵入坑壁土体裂隙, 封闭节理, 加固结构面和层面, 提高围岩的整体性和自承能力, 抑制变形的发展。

3 基坑支护工艺性实验

3.1 破坏形式及工艺改进

小于 5m 的基坑, 由于较浅, 锚喷对基坑壁的加固作用相对较明显, 不会出现大面积的崩塌。土体在重力作用下, 从基坑壁外侧分层向内侧破坏下卧, 基坑壁面形成外凸, 基坑脚被上部土体压爆, 最终破坏。对小于 5m 粘土基坑, 分析相关数据后采用修整坡面, 采用原方案补强前提下:

1) 增加护坡脚墙, 采用混凝土或砂袋在粘土基坑底部形成的一条有一定体积和重力的长条形墙体。墙体由于具有自身重力和滤水作用, 不仅可以有效的抵抗基坑壁上部土体软化后自身向下重力对喷砼壁形成的侧压力, 而且还可以将土体内水分在自身不被破坏的情况下过滤掉。根据设计要求采用 400×1500 (mm) 的砼浇筑成护坡脚墙 (图 1), 后由于空间位置狭小, 所以采用人工堆码袋装连砂石形成护坡脚墙。

2) 护坡脚墙的效果分析: 经过采用人工堆码袋装连砂石形成护坡脚墙, 土体内原先饱含的水分通过

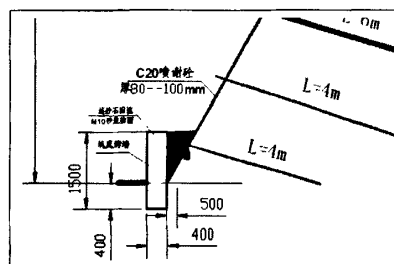


图1 护坡脚墙的设计与施工

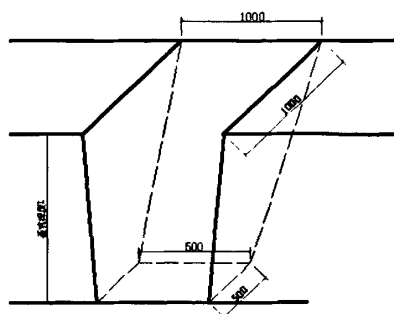


图2 应力卸荷槽

连砂石起到过滤作用,也抵抗了部分基坑壁形成的侧向压力,有效地控制了基坑壁面的继续变形和破坏。

通过基坑修复前后基坑壁不同深度水平位移—时间图数据显示:该基坑破坏后,在加固同时采用护坡脚墙能够起到较好的稳定作用,特别是基坑底部有护坡脚墙的位置,稳定性更好。

3.2 5~10m的粘土基坑

1)工程实例,成都建设路首创一期化粪池基坑(基坑深度5.5~6.5m)为本次实验的主要场所,研究5~10m粘土基坑护壁施工护坡脚墙和应力卸荷槽的应用及效果。

2)实验方案设计,据勘察资料显示,该基坑自然地坪大约0.5m以下即为粘土,层厚一般为3.0~5.0m,层厚不均。参考诸多相似工程实例,他们均是对土体进行大量改性。该实验从承认土体的自身变形出发,采用主动抵抗侧压力(护坡脚墙,图1)和主动预留应力释放空间(应力卸荷槽,图2)的方式进行加固处理。

3)实验施工,场地平整→测定上口开挖线→机械挖土方→人工清坡面→土钉施工(打锚杆)→应力卸荷槽开挖→卸荷槽面板模支撑→卸荷槽内填充工业泡沫绵→制安钢筋→喷射混凝土……

4)基坑监测,施工完成到回填期间,均委托测量定期进行变形观测,根据变形观测数据成图。(图3)

通过对基坑壁不同施工阶段坑壁水平位移—深度曲线和不同测斜桩水平位移—时间曲线分析,实验基本达到实验目的,有效的减缓了坑壁的破坏。

3.3 大于10m的粘土基坑

3.3.1 工程实例

成都锦江·城市花园与成都合能青年城市公寓的两处基坑均位于成都三圣乡锦江新政府的建设区域内,中间相临一条市政道路。场地属成都东部台地,地貌上属岷江水系高阶地,地势略有起伏,呈浅丘地貌景观,地层为典型的成都粘土层。两处基坑地层相似,大小和深度基本一致,由于成都锦江·城市花园基坑采用常规的放坡锚喷支护与成都合能青年城市公寓采用排桩加腰梁的两种不同施工工艺,具有可比性,故作为本次研究的附属资料进行整理。

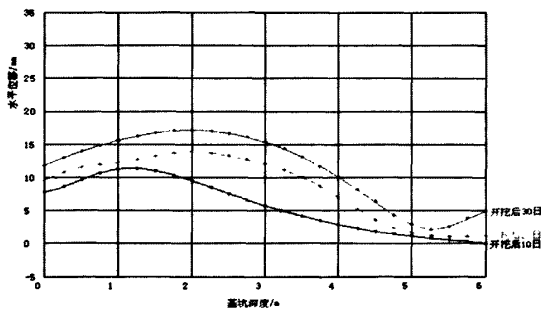


图3 不同施工阶段坑壁水平位移—深度曲线

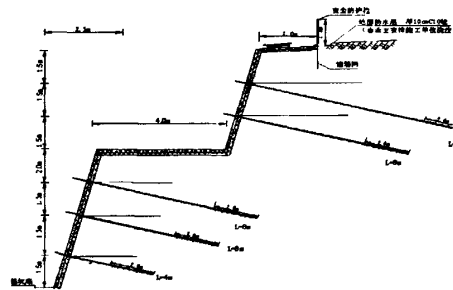


图4 放阶+锚喷

3.3.2 方案设计

1)成都锦江·城市花园(放阶+锚喷),根据甲方要求,对拟建场地采用放坡锚喷支护(图4)。

2)成都合能青年城市公寓(排桩+锚喷+腰梁),根据工程的实际情况,结合隔壁工地相关经验,对成都合能青年城市公寓该拟建场地采用人工挖孔桩护壁,设计护壁桩长18.5m,在桩顶设冠梁,将护壁灌注桩连成整体。在基坑原护壁桩桩间设置锚拉锚杆。护壁桩间土体采用锚杆+挂网喷浆(图5)。

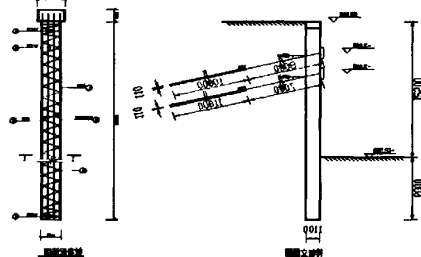


图5 排桩

3.3.3 基坑监测资料

- 1)成都锦江·城市花园(图6);
- 2)成都合能青年城市公寓(图7)。

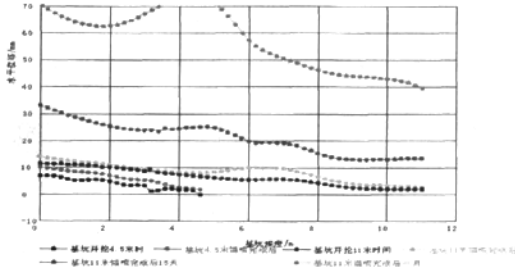


图6 成都锦江·城市花园

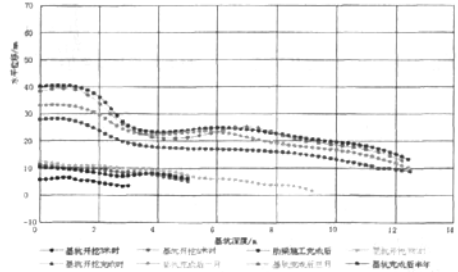


图7 成都合能青年城市公寓

4 结语与建议

4.1 结论

有大放坡（阶）条件下，最好采用大放坡加网喷支护方式进行支护。

1) 深度小于 5.0m 且粘土厚度也小于等于 5.0m 时的基坑支护方式，宜采用锚喷结合应力卸荷槽加矮脚墙（脚墙高度不大于 0.5m）的方式进行支护，粘土层中的锚杆（土钉）只考虑加工倒刺，不宜注浆；

2) 深度在 5.0~10.0m，粘土厚度不大于 5.0m 且粘土层处于坑壁下部其支护方式宜采用锚喷结合卸荷槽加高脚墙（脚墙高度在 0.5m~1.0m 范围）的方式进行支护，粘土层中的锚杆（土钉）只考虑加工倒刺。不宜采用注浆方式。若粘土层处于坑壁上部，则支护方式宜采用排桩及桩间土支护；

3) 深度大于 10.0m 的基坑，均宜采用锚拉桩加桩间土支护方式进行支护。

4.2 建议

1) 粘土基坑支护设计方案应按要求进行做专项性工程地质勘察。

2) 设计时主要计算参数中的 C 、 Φ 值，计算时怎样考虑粘土遇水膨胀时的变化。

3) 建议粘土基坑方案设计时，投入一定的资金，先对基坑范围外（2 倍基坑深度）专项勘察，再现场取样试验取得粘土遇水膨胀时数据。

4) 对粘土层中的锚杆（土钉）采用倒刺和注浆方式进行抗拔力试验和变形量分析对比，得出比较科学的结论。

参考文献：

- [1] 中国膨胀土建筑技术规范[M]. JGJ, 112~87.
- [2] 李生林, 等. 中国膨胀土工程地质研究[J]. 科技进展, vol.19, No2.
- [3] 汪波, 袁前勇, 等. 也论成都粘土的成因[J]. 地质灾害与环境保护, vol.13, No1.
- [4] 隆卫, 王文, 等. 关于成都膨胀土地区边坡稳定性的探讨[J]. 西部探矿工程, 2006, (10): 3.
- [5] 谭罗荣, 孔令伟. 膨胀土膨胀特性的变化规律研究[J]. 岩土力学, Vol.25, No.10.
- [6] 尚艳亮, 孟庆峰. 膨胀土地区边坡稳定性探讨[J]. 国防交通工程与技术 2006, (3).
- [7] 姜延华, 段鸿海. 膨胀土地基的特性分析及处理要点[J]. 西部探矿工程, 2005, (9).
- [8] 左丽华, 李国生, 等. 基坑支护技术在膨胀土地区的应用初探[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), Vol.23/01.
- [9] 彭社琴, 赵其华, 等. 成都粘土三轴试验研究[J]. 地质灾害与环境保护. vol.13 No1.
- [10] 曹裕平, 夏雄. 成都地区膨胀土地基承载力浅析[J]. 西部探矿工程, 文章编号, 2004, (03): 2.

The Application Study of Support for Chengdu Clay Foundation Pits

FU Guang-qiang LU Jianxiang YANG Jun

(Sichuan Institute of Engineering Geological Investigation, Chengdu 610071)

Abstract: Chengdu clay bed is a difficult bed in design and construction of support for foundation pits. This paper puts forward some suggestions on support for clay foundation pits based on the study of support for the clay foundation pits in different depth.

Key words: clay foundation pit; support; applying study; Chengdu clay