

doi:10. 20008/j. kckc. 202206011

基于实际工程的场地黏土分析与评价

梁瑜

(中南勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430081)

摘 要 工程场地的地质条件是工程安全的基础。本文基于实际工程案例,对场地粉质黏土进行了分析与评价。在场地不同深度进行钻探取样,然后开展了土工试验和标准贯入试验。首先,根据土工试验研究了压缩系数 $A_{v(1-2)}$ 、压缩模量 $E_{s(1-2)}$ 、粘聚力 c 、内摩擦角 φ 和自由膨胀率随取样深度的变化规律;其次,根据《建筑地基基础技术规范》、土工试验和标准贯入试验研究了不同土层的压缩模量和承载力建议值。研究结果给出了针对不良地质作用及特殊性岩土的应对措施,并给出了不同土层承载力特征值 f_{ak} 值以及压缩模量 $E_{s(1-2)}$ 值的建议值,同时对各土层进行了全面评价,可为类似实际工程提供借鉴意义。

关键词 地质调查;钻探;粉质黏土;分析与评价

中图分类号: TU449 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7801(2022)06-0807-06

0 引言

工程场地的地质条件是工程安全的基础。部分学者针对场地条件,已开展了一系列岩土分析与评价,取得了一定的有用成果。涂春霖等(2021)针对粉质黏土进行了物理力学指标的相关性分析,发现根据粉质黏土液性指数 IL 可以估算力学指标的大小;吕超(2020)针对广西桂平航运枢纽含有机质黏土的工程地质问题,提出了改良方法,并对不同的改良方法进行了比较,目前也存在 CFG 桩对地基进行处理的方法(刘君和侯学周,2021)。针对黏土的力学性能及地基承载力,许多学者进行了相应的研究(肖泽忠等,2018;李露等,2021;宋国文和李大华,2021;李吴刚等,2022)。同时对黏土的物理性质及其相应地基评价也有较多研究(毕志刚等,2021;王克颖,2021;王叶娇等,2021;薛圣泽等,2021)。叶旺和朱伯绍(2006)根据大量野外调查及室内试验资料,论证了湛江组杂色黏土有异于一般黏土,其具有微弱—中等胀缩性;陈书荣(2006)通过对湛江地区灰色黏土的各种物理力学指标的分

析,阐述了灰色黏土具有独特的工程性能;张先伟等(2011)对湛江黏土的物理力学指标的相关性和变异性进行统计分析,建立了重要指标之间的经验公式,得出一些结论,并指出各指标的相关性与其他地区存在明显差异,进行工程设计时不能照搬其他地区的已有计算模型;姚珩珩等(2001)认为海口地区普遍存在一层第四系下更新统灰色黏土层,此层黏土具有一定厚度和强度(常作为一般工业与民用建筑的主要持力层)。从土工试验和现场试验角度,对其工程地质特性作了初步分析。王军(2002)认为结构性的强弱可用结构屈服应力比来表征,统计分析了我 国很多的软黏土的地质资料发现,一般土体的结构屈服应力比在 1.1~2.5 左右,但是湛江黏土达到了 10。以上研究表明,黏土具有很强的地域特性,不同地区的黏土具有不同的性质,同时大部分研究是基于实验室数据进行相应的研究。然而,目前基于不同场地的研究并未对不同深度取样的黏土展开分析,同时针对本文工程背景的粉质黏土性能还尚未发现相关研究。

本文基于实际工程,对以粉质黏土为主的“武

[收稿日期] 2021-07-19
[第一作者简介] 梁瑜,男,1967年生,本科,高级工程师,主要从事工程地质勘探、土木工程(岩土)等方向工作;E-mail: fsfvval@yeah.net。
[引文格式] 梁瑜. 2022. 基于实际工程的场地黏土分析与评价[J]. 矿产勘查,13(6): 807-812.

汉中央文化区 K2 地块首开区”项目场地进行了地质勘探,并对不同深度的粉质黏土进行了土工试验和标准贯入试验。在此基础上进行地质勘探分析及场地黏土分析与评价。

1 工程概况和工程地质条件

1.1 工程概况

武汉万达东湖置业有限公司“武汉中央文化区 K2 地块首开区”项目位于中北路东南侧,湖北旅游局背后空地,平面位置如图 1 所示。本项目首开区主要由 1#住宅 60F,高 199.80 m;2#住宅 60F,高 199.80 m 住宅楼;2F 独立商业及周边地下 3 层地下室(车库)组成,拟建建筑物的结构特征如表 1 所示。



图1 项目平面位置示意图

1.2 工程地质条件

拟建场地的表层分布着不同厚度的杂填土(Q^{ml}),其下依次主要可见第四系全新统冲积成因的黏性土层(Q_4^{al})、第四系更新统冲洪积成因的黏性土层(Q_3^{al+pl}),下伏基岩为志留系(S_{2f})泥岩、粉砂岩。各地层分布状况如表 2 所示:

2 场地岩土工程分析与评价

2.1 不良地质和特殊性岩土

拟建场地范围内无全新活动断裂通过,但本次勘察钻探发现深厚层中风化泥岩基岩破碎带,岩芯明显具有构造破碎再成岩的特点,且该破碎带水平分布较广,局部起伏较大。因此,必要时建议采用施工勘察控制桩基础桩端持力层。

本文针对粉质黏土进行了 7 组土工试验工作(表 3),可以得出,压缩系数、压缩模型、粘聚力和内摩擦角的均值分别为 0.16 MPa^{-1} 、 11.2 MPa 、 47.7 KPa 和 14.9° ,其中自由膨胀率(δ_{ef})的最小值和最大值分别为 26% 和 55%, δ_{ef} 的均值为 $36.6\% < 40\%$ 。其中各指标随取样深度的变化趋势如图 2 所示,从中可以看出,当取样深度为 9 m 时,压缩模量、粘聚力和内摩擦角最大,分别为 16.5 MPa 、 67 KPa 和 15.9° (图 2b~d)。武汉地区的老黏土一般具有弱膨胀潜势,蜂窝状零星分布为主,并且膨胀土具有遇水软化、力学强度降低的特性。从中也可以清

表 1 项目拟建建筑的结构特征统计表

建筑物	建筑面积/ m^2	结构类型	层数及高度/ m	地面设计 标高/m	基础埋置 深度/m	基础类型	荷载	
							中柱荷重/kN	边柱荷重/kN
1#住宅	90000	剪力墙	60F/199.80	-0.40	-19.0	桩基础	90000	45000
2#住宅	90000	剪力墙	60F/199.80	-0.40	-19.0	桩基础	90000	45000
独立商业	1500	框架	2F/12.00	-0.70	-16.0	桩基础	12000	8000
地下车库	17000	框架	-3F	-	-16.0	桩基础	12000	8000

注: ± 0.000 绝对标高为 30.00(1985 高程系统)。

表 2 岩土层的分布状况统计表

编号	地层名称	时代成因	状态及密度	压缩性	分布范围	编号	地层名称	时代成因	状态及密度	压缩性	分布范围
1	杂填土	Q^{ml}	松散	高	全场地	6	粉质黏土 ₄	Q_3^{al}	硬塑	中	局部
2	粉质黏土 ₁	Q_4^{al}	可塑	中	部分场地	7	强风化泥岩	S_{2f}	强风化	低	全场地
3	粉质黏土 ₂	Q_3^{al+pl}	硬塑	中	全场地	8	中风化泥岩	S_{2f}	中风化	忽略	全场地
4	粉质黏土 ₃	Q_3^{al+pl}	可塑	中	局部	9	中风化泥岩破碎带	S_{2f}	中风化破碎带	低	场内较大范围
5	粉质黏土含粉细砂	Q_3^{al+pl}	可塑	中	局部	10	中风化粉砂岩	S_{2f}	中风化	忽略	零星分布

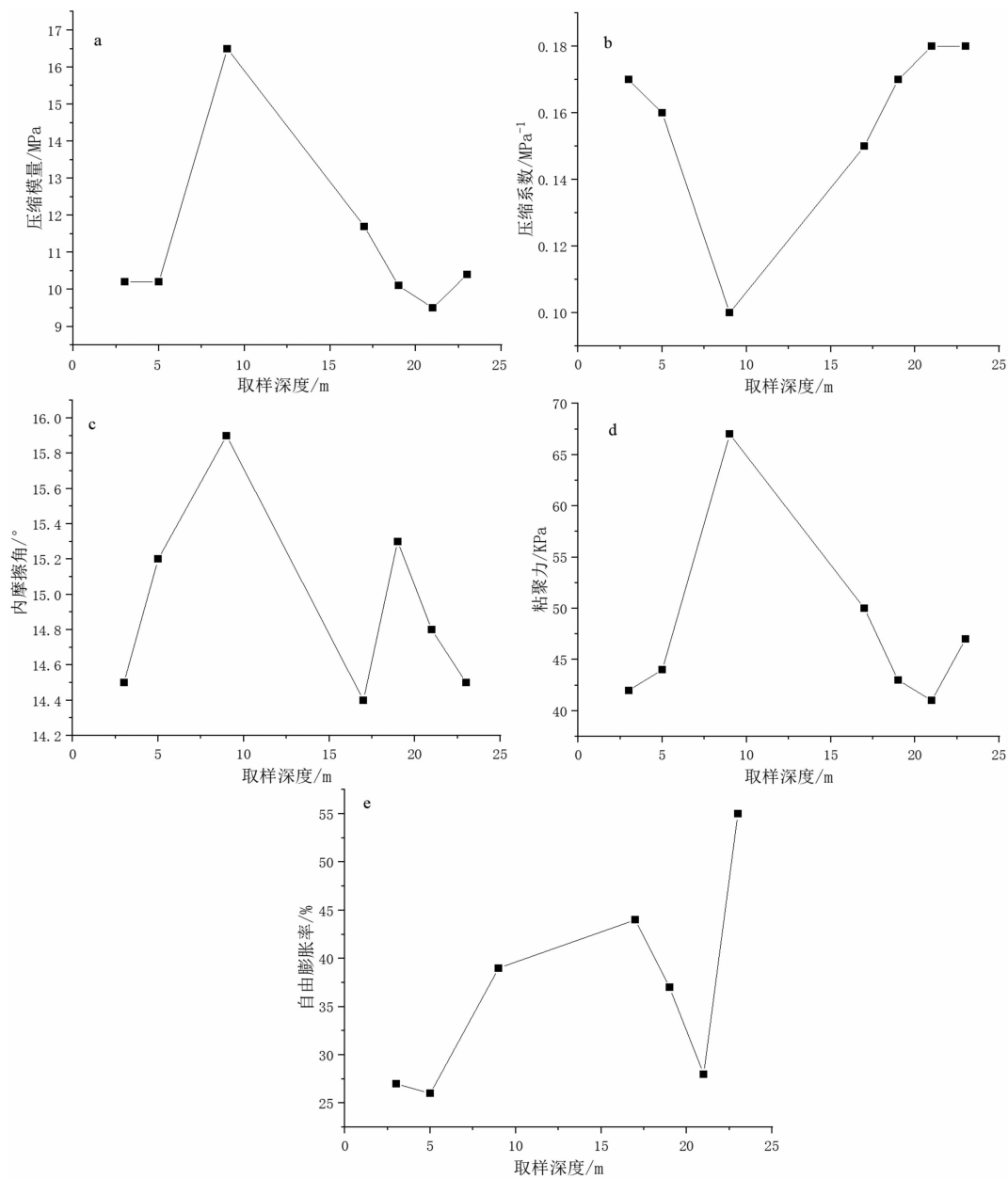


图 2 各指标随取样深度的变化趋势

a—压缩模量随取样深度的变化规律;b—压缩系数随取样深度的变化规律;c—内摩擦角随取样深度的变化规律;
d—粘聚力随取样深度的变化规律;e—自由膨胀率随取样深度的变化规律

晰的看出(图 2e),自由膨胀率较大的土层埋置深度大,然而场地内该层土一般埋深较大,处于大气急剧影响深度范围以下,且上部建筑自重荷载较大,老黏土的膨胀性对建筑影响有限。后期建设存在基坑开挖和基础回填的情况,本文建议建筑四周设置散水,保证良好排水条件,避免积水。建筑周边各类排水设施应采取防渗处理。同时基础施工和基槽回填时应做好该层的防、排水工作。

表 3 粉质黏土土工试验结果统计表

取样深度 h/m	压缩系数 $A_{v(1-2)}/\text{MPa}^{-1}$	压缩模量 $E_{s(1-2)}/\text{MPa}$	粘聚力 c/kPa	内摩擦 角 $\varphi/^{\circ}$	自由膨胀 率 $\delta_{ef}/\%$
3.0	0.17	10.2	42	14.5	27
5.0	0.16	10.2	44	15.2	26
9.0	0.10	16.5	67	15.9	39
17.0	0.15	11.7	50	14.4	44
19.0	0.17	10.1	43	15.3	37
21.0	0.18	9.5	41	14.8	28
23.0	0.18	10.4	47	14.5	55

2.2 场地的稳定性及建筑适宜性评价

根据《城乡规划工程地质勘察规范 CJJ 57—2012》(中华人民共和国住房和城乡建设部,2013)从有无活动断裂、抗震地段划分、不良地质作用的发育程度三个方面进行判别。拟建场地内没有出现类似断层构造,也没有出现新构造的运动痕迹和主要的连续地层;根据区域地质构造资料,武汉地区现代构造运动呈现缓慢下降的性质,新构造运动升降幅度不大,处于一个地质构造运动相对稳定的地带。因此,场地整体可视为基本稳定场地。

根据《城乡规划工程地质勘察规范 CJJ 57—2012》(中华人民共和国住房和城乡建设部,2013),场地整体为基本稳定场地,地形具有一定起伏,岩土种类较多,地下水对工程影响较小。因此,场地的整体适宜性定性分级为较适宜。鉴于基岩破碎

带发育,且局部起伏较大,本文建议必要时采用施工勘察控制桩基础的桩端持力层。

2.3 地基土(岩)工程特性分析与评价

根据《建筑地基基础技术规范 DB42/242—2003》(湖北省建设厅和湖北省质量技术监督局,2003)和试验研究,本文给出了土层承载力特征值 f_{ak} 值以及压缩模量 $E_{s(1-2)}$ 值的建议取值,如表4所示,其中图3给出了更直观表示。

根据地质勘探结果,对所研究场地的地质条件进行地基土(岩)层特征分析,其结果如下:

(1)杂填土(Q^{ml}):场地内填土基本分布于基础底面以上,工程建设过程中将挖除外运,故在此不再赘述。

(2)粉质黏土(Q_4^l):呈现黄褐色,主要为可塑状,氧化铁含量高且含有少量的铁锰质结核,切面

表4 压缩模量和地基土承载力的建议值统计表

编号	土工试验			标准贯入		建议值	
	f_{ak}/KPa	$E_{s(1-2)}/\text{MPa}$	N/击	f_{ak}/KPa	$E_{s(1-2)}/\text{MPa}$	f_{ak}/KPa	$E_{s(1-2)}/\text{MPa}$
2	200	6.8	5.9	135	8	150	7
3	400	14.8	14.4	370	15	370	14
4	220	7.5	8.35	180	11	180	8
5	200	6.0	8.4	185	11	185	7
6	320	16.9	18.0	270	23	270	18
7	天然单轴抗压强度 $f_{rk}=0.62\text{ MPa}$					550	47
8	饱和单轴抗压强度 $f_{rk}=6.10\text{ MPa}$					1500	视为不可压缩
9	天然单轴抗压强度 $f_{rk}=0.54\text{ MPa}$					1000	60
10	饱和单轴抗压强度 $f_{rk}=19.10\text{ MPa}$					2500	视为不可压缩

注: f_{ak} 、 $E_{s(1-2)}$ 及N分别表示承载力特征值、压缩模量及锤击次数。

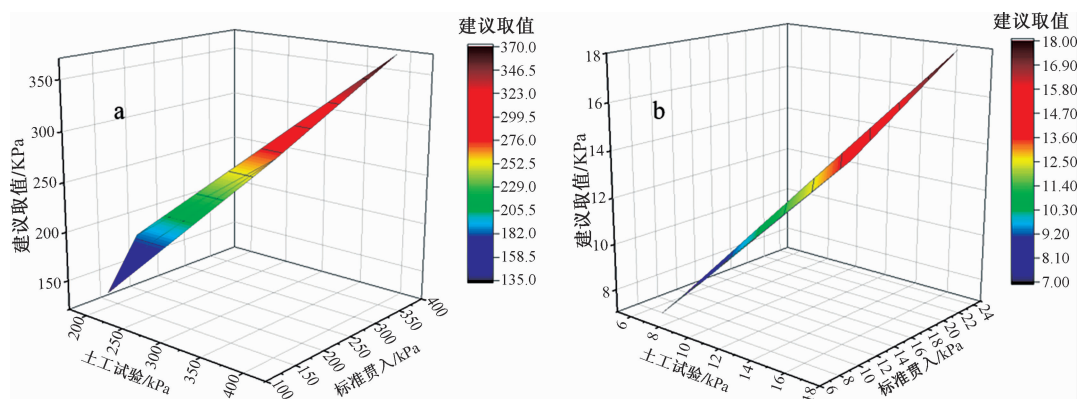


图3 不同试验值与建议值的三维关系图

a—地基土承载力;b—压缩模量

平整,稍有光泽,韧性和干强度属于中等,土质具有不均匀的特点。在场地内局部分布,层厚变化较大,该层力学性质一般。

(3)粉质黏土(Q_3^{al+pl}):黄褐色,硬塑—坚硬状,含氧化铁、铁锰质结核及少量团块状、条带状灰白色高岭土,局部可偏硬塑,偶夹少量碎石,切面光滑,韧性高,干强度高,土质不均匀。

(4)粉质黏土(Q_3^{al+pl}):黄褐色,可塑状为主,含氧化铁、铁锰质结核及少量团块状、条带状灰白色高岭土,局部可偏硬塑,偶夹少量碎石,切面光滑,韧性高,干强度高,土质不均匀,该层力学性质一般。

(5)粉质黏土(夹带粉细砂)(Q_3^{al+pl}):黄褐色,可塑状为主,含氧化铁及铁锰质,主要由石英、长石和云母构成。粉质黏土呈软塑状,局部夹带少量中等密状的薄层粉土和较低密状的粉砂,同时存在局部夹带次棱角状砾石的情况,含量约为10%~25%不等,土质不均匀。场地内大范围分布,埋深较大,具中压缩性,该层力学性质一般。

(6)粉质黏土(Q_3^{cl}):黄灰色,碎块状,土质不均,由泥岩风化形成。场地内局部分布,具中压缩性,该层力学性质较好,属于稳定地基。

(7)强风化泥岩(S_{2f}):该层属极破碎岩体,为极软岩。场地内广泛分布,埋深较大,该层力学性质较好,属于稳定地基,可以作为建筑物的桩基础持力层,但应注意其可压缩性对基础沉降的影响。

(8)中风化泥岩(S_{2f}):该层场地内广泛分布,厚度大,承载力高,视为不可压缩,属于稳定地基,可以作为建筑物的桩基础持力层。

(9)中风化泥岩破碎带(S_{2f}):该层碎块状或碎片土为主,手捏易碎,局部短柱状,夹中风化碎块等,属极破碎岩体,极软岩。具低压缩性,场地内分布不均,该层力学性质较好,属于稳定地基,可以作为建筑物的桩基础持力层,但应注意其可压缩性对基础沉降的影响。

(10)中风化粉砂岩(S_{2f}):青灰色—灰白色,岩芯中夹方解石脉,强度高干于泥岩,离散分布于泥岩层中。视为不可压缩,属于稳定地基,可以作为建筑物的桩基础持力层。

3 结论

(1)自由膨胀率较大的土层埋置深度大,然而场地内该层土一般埋深较大,处于大气急剧影响深

度范围以下,且上部建筑自重荷载较大,老黏土的膨胀性对建筑影响有限。后期建设存在基坑开挖和基础回填的情况,建筑四周应保证良好排水条件,避免积水,同时建筑周边各类排水设施应采取防渗处理。

(2)结合规范和试验数据,针对不同深度土层给出了土层承载力特征值 f_{ak} 值以及压缩模量 E_{s1-2} 值的建议取值。

(3)根据地质勘探结果,对所研究场地的地质条件进行地基土(岩)层特征分析,并根据土层成分、均匀性、分布范围及压缩性等性质,定性分析了不同土层的力学性能,可为实际工程提供借鉴意义。

参考文献

- 毕志刚,汤新星,王仪宇,李强,许强. 2021. 粉质黏土路基连续压实质量评价方法[J]. 南昌大学学报(工科版), 43(3): 255-262.
- 陈书荣. 2006. 湛江灰色粘土的工程特性[J]. 西部探矿工程, (6): 30-31.
- 湖北省建设厅,湖北省质量技术监督局. 2003. 中华人民共和国地方标注: 建筑地基基础技术规范: DB42/242—2003[S]. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 李露,张荣堂,臧濛. 2021. 应力路径对饱和软黏土力学特性影响研究进展[J]. 土工基础, 35(5): 605-609+620.
- 李吴刚,杨庆,刘文化,杨钢,孙秀丽. 2022. 黏土的结构性定量表征及其弹塑性本构模型研究[J]. 岩土工程学报, 44(4): 678-686.
- 刘君,侯学周. 2021. CFG桩复合地基在高层建筑地基处理中的应用[J]. 矿产勘查, 12(10): 2127-2131.
- 吕超. 2020. 广西桂平航运枢纽含有机质粘土工程特性及改良方法研究[J]. 矿产勘查, 11(4): 826-830.
- 宋国文,李大华. 2021. 豫中地区粉质黏土物理力学性质与标贯击数分析[J]. 安徽建筑大学学报, 29(4): 35-40.
- 涂春霖,尹林虎,顾亚. 2021. 云南遮放盆地粉质黏土物理力学指标相关性分析[J]. 矿产勘查, 12(9): 1979-1984.
- 王军. 2002. 结构性软土地基的固结沉降及稳定研究[D]. 杭州: 浙江大学.
- 王克颖. 2021. 红粘土特征及其地基均匀性评价[J]. 西部探矿工程, 33(10): 18-20.
- 王叶娇,丁科竞,徐云山. 2021. 粉质黏土导热系数变化规律及模型预测[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 53(4): 518-524.
- 肖泽忠,刘之葵,贺行良,李爱军,于明波. 2018. 标准贯入试验在桂林市红粘土地基承载力确定中的应用[J]. 矿产地质, 32(1): 164-170.
- 薛圣泽,周阳,刘建强. 2021. 陕西关中盆地粉质黏土热物理性质研究[J]. 中国地质调查, 8(5): 115-121.

- 叶旺, 朱伯绍. 2006. 浅谈湛江杂色粘土的膨胀性[J]. 西部探矿工程, (11): 5-6.
- 姚珩珩, 夏远野, 刘胜娥. 2001. 海口地区第四系湛江组灰色粘土的工程地质特性[J]. 港工技术, (2): 54-55.
- 张先伟, 孔令伟, 郭爱国. 2011. 湛江强结构性黏土的物理力学性质指标及相关性分析[J]. 工程地质学报, 19(4): 447-454.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2013. 中华人民共和国行业标准: 城乡规划工程地质勘察规范: CJJ 57-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社.

Analysis and evaluation of site clay based on practical engineering

LIANG Yu

(Zhongnan Survey Foundation Engineering Co. Ltd., Wuhan 430081, Hubei, China)

Abstract: The geological condition of engineering site is the foundation of engineering safety. Based on practical engineering cases, this paper analyzes and evaluates silty clay of the site. Drilling samples were taken at different depths of the site, and then geotechnical tests and standard penetration tests were carried out. Firstly, the variation of compression coefficient, compression modulus, cohesion, internal friction angle and free expansion rate with sampling depth were studied based on geotechnical tests. Secondly, the recommended values of compression modulus and bearing capacity of different soil layers were studied according to the code, geotechnical test and standard penetration test. The research results give the countermeasures of adverse geological processes and special rock and soil, and give the suggested values of the characteristic value of bearing capacity value (f_{ak}), and compression modulus value $E_{s(1-2)}$ of different soil layers. At the same time, the comprehensive evaluation of each soil layer was carried out, which can provide a reference for similar practical projects.

Keywords: geological survey; drilling; silty clay; analysis and evaluation