

浅析吴江某项目地基土的固结特性

胡蓉伟

中亿丰建设集团股份有限公司 江苏 苏州 215008

【摘要】：根据本次勘察揭示项目场地上覆盖层有较厚的泥炭土层和淤泥质土层，针对场地基持力层控制要求对地基土的沉降固结特性进行试验测试分析。采用野外双桥静力触探、室内土工等多种试验方法获取固结（压缩）参数，分析对比各项测试数据之间的合理性和真实性。并通过各试验参数计算土层的地基沉降，野外双桥静力触探试验和室内土工试验多结果指标能够进行验证，为本工程项目的建设提供依据。

【关键词】：软土；静力触探试验；固结试验

引言

土的压缩固结受内外压力及附加应力的影响引起土体的体积缩小，地基的沉降。泥炭质土、淤泥质粘性土都被称为软土，其有含水量高、高压缩性、高流变性、低强度、低渗透、固结过程很慢等特性，对工程施工带来了很大不便。这些年，软土区沉降问题受到很多学者的关注，周平等利用原位测试对软土进行了试验，验证了参数的准确性，也提出了与其他原位测试进行比对的研究。通过试验测试数据和野外双桥静力触探试验进行了对比，验证了双桥静力触探在软土地区地基基础的适用性。

本文基于对吴江某项目固结（压缩）试验的探讨，通过野外原状试样室内土工试验（常规物理力学试验、固结试验等）和原位测试（双桥静力触探，）获得室内土工试验土层物理力学性质指标，分析多种试验手段中得到的试验数据进行数据之间的合理性可靠性分析，对地基土的固结（压塑）进行探讨。从而预测地基沉降分析，为本工程设计提供地基

处理的依据。

1 场地工程地质条件

1.1 场地地形地貌及现状

拟建场地位于苏州市吴江区盛泽镇舜湖西路北侧、澜溪二路东侧。场地以前为荒地，勘察时场地已经整平，勘查场地地形稍有起伏。最大高差为 1.42m，此次的设计施工要求是满足本场地上建筑物的承载力。

本次参与试验项目工程区域地貌形态单一，水系发育。场地以前为荒地勘察的时候已经整平，地形稍微有些起伏。场地地层土体为第四纪晚更新世后的冲湖积-滨海相碎屑沉积物。根据勘察的地质条件其地层的沉积时代、岩性特征及其物理力学性质的差异性，场地地层划分成了 7 个工程地质层，并按呈现的地层细分成 15 个工程地质亚层。本次所阐述的土层为本场地③-1、③-2 层的淤泥质粉质黏土，③-1A 泥炭质土，详见表 1。

表 1 室内土工试验土层物理力学性质指标一览表

土层代号及名称	含水率 $\omega(\%)$	重度 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$	孔隙比 e	塑性指数 IP	液性指数 IL	压缩系数 $a_{1-2}(\text{MPa}^{-1})$	压缩模量 $E_{s1-2}(\text{MPa})$
①素填土	32.8	18.43	0.924	13.3	0.91	0.50	3.98
②粉质黏土	32.6	18.47	0.915	13.2	0.92	0.50	3.97
③-1 淤泥质粉质黏土	40.4	17.52	1.136	13.4	1.46	0.86	2.48
③-2 粉质黏土	32.4	18.47	0.915	13.3	0.89	0.47	4.41
③-3 淤泥质粉质黏土	39.9	17.54	1.130	13.3	1.44	0.84	2.54
④-1 粉质黏土	30.7	18.73	0.865	13.9	0.72	0.32	6.03

注：上表中参数均为平均值

2 静力触探试验

按照试验测试场地的地质情况不同，这次采用的静力触探仪器为双桥静力触探仪器，探头为双桥探头。试验过程是将锥尖锥角 60° 的金属探头匀速压入（速率为 $1.2 \pm 0.3\text{m/min}$ ）土中 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 左右，冬天超过土壤冻结线，然后稍微提升 $5\text{cm}\sim 1.0\text{m}$ ，是探头传感器处于不受力的状态。等待双桥探头温度和地面温度均衡后（信号基本稳定后）把仪器显示屏归零（也可记录仪器初始值）便可正常贯入。探头贯入中如果用的是自动记录，应根据地层情况选择合适的供桥电压，并及时检查核对。校正深度内记录表的误差，每隔 $0.1\text{m}\sim 0.2\text{m}$ 记读数 1 次。

根据双桥静力触探仪探头阻力 q_c 和侧壁摩阻力 f_s ，来绘制静力触探单孔柱状图反映地层变化与钻孔地层划分的相对性根据铁道部规范《铁路工程地质原位测试规程》

（TB10018-2003）表 9.5.18-1 内插法可以计算确定土层的压缩模量 E_s （表 3）。

表 2 静力触探试验

土层代号及名称	锥尖阻力 $q_c(\text{MPa})$	侧壁摩阻力 $f_s(\text{kPa})$
①素填土	0.796	31
②粉质黏土	1.122	30
③-1 淤泥质粉质黏土	0.415	8
③-2 粉质黏土	1.291	19
③-3 淤泥质粉质黏土	0.751	11
④-1 粉质黏土	1.754	45

注：上表中参数均为平均值

表 3 《铁路工程地质原位测试规程》9.5.18-1

土层名称	$p_c(\text{MPa})$								
	0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.3	1.8	2.5	3
粘土及一般黏性土	0.9	1.9	2.6	3.3	4.5	5.7	7.7	10.5	12.5
饱和砂类土	—	—	2.6~5.0	3.2~5.4	4.1~6.0	5.1~7.5	6.0~9.0	7.5~10.2	9.0~11.5
新近土(Q_1, Q_2)	—	—	—	—	1.7	3.5	5.3	7.2	9.0

土层名称	$p_c(\text{MPa})$									
	4	5	6	7	8	9	11	13	15	—
粘土及一般黏性土	16.5	20.5	24.4	—	—	—	—	—	—	—
饱和砂类土	11.5~13.0	13.0~15.0	15.0~16.5	16.5~18.5	18.5~20.0	20.0~22.5	22.5~27.0	27.0~31.0	31.0~35.0	—
新近土(Q_1, Q_2)	12.6	16.3	20.0	23.6	—	—	—	—	—	—

注：1 正为压缩曲线上 $p_1=0.1\text{MPa}\sim p_2=0.2\text{MPa}$ 压力段的压缩模量。
2 粘土可按表列砂土 p_c 值的 70% 取值。
3 Q_2 及其以前的黏性土和新近堆积土应按当地经验取值或采用原状土样作压缩试验。
4 表内数值可以线性内插，不可外推。

3 室内固结压缩试验数据分析

(1) 土体固结（压缩）特性，是土层在内外荷载作用下产生的情况下变形的特质。对室内土工试验而言，是将土体在内外荷载作用下体积减小土体中的空隙里的气体和液体排除。分有侧限和无侧向固结（压塑）试验，有侧限固结（压缩）试验目的是在有侧限和两面排水条件下，通过土的状态分出不同的个压力级荷载（垂直）变形来测定土的指标：主固结系数、次固结系数、压缩系数、压缩模量、固结系数、先期固结压力、超固结比、压缩指数、回弹再压缩模量。

(2) 试验方法采用常规全自动固结仪环刀内径为 $61.8\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。为了使此次试验更加直观准确，我们对野外来样进行挑选，选取 I 级和 II 级土样进行本次试验。按照规范测定各级压力下孔隙比的变化。试样在各级压力下稳定后的孔隙比为纵坐标压力，为横坐标绘制的曲线为压缩曲线。当试验的荷载全部加压结束后，导出固结采集系统中的各组数据。计算并绘制试验曲线，通过曲线可观察出回弹环、得出回弹模量、再回弹模量及压缩指数等。

土的固结系数的大小反映了软土固结快慢程度，是反映土层固结特性的参数。地质历史上曾经所承受过的上覆土层自重压力的比值称超固结比。

表 4 土工试验土层先期固结压力

层号	超固结比	自重力 P_0 kPa	土的状态	先期固结压力 P_C kPa	压缩指数 CC	回弹指数 CS
③-1 淤泥质粉质黏土	0.93	70	欠固结	65	0.218	0.048
③-3 淤泥质粉质黏土	0.97	175	欠固结	170	0.310	0.049
⑥-2 粉砂	1.12	340	正常固结	380	0.171	0.024
⑥-3 粉砂	1.10	490	正常固结	539	0.218	0.021
⑦-1 粉质黏土	1.09	535	超固结	582	0.433	0.033
⑦-2 粉质黏土	1.08	630	超固结	690	0.490	0.026

(3) 室内土工试验固结(压缩试验)数据分析。由表4发现,③-1 淤泥质粉质黏土、③-3 淤泥质粉质黏土为欠固结,⑥-2 粉砂、⑥-3 粉砂为正常固结,⑦-1 粉质黏土、⑦-2 粉质黏土为轻微的超固结土。此时数据表示场地的应力随着深度的由浅到深呈明显的规律性变化。上部软土层与下部的粉砂、粉质粘土层有明显的固结差别。浅部的软土呈现欠固结状态判断为近代沉积。深部的土层呈现为正常固结和超固结状态。沉积年代比较久远一点,并以正常固结或轻微超固结为主,固结比随深度的变化在由小变大。

综合表4观察的地土层③-1、③-3 软土层压塑固结试验结合物理力学指标反映,比⑥-2 粉砂、⑥-3 粉砂固结时间较短;③-1、③-2 是淤泥质粉质黏土塑性指数较高,土颗粒细小、土质比较密实,导致固结速度的减小和沉降时间的延长。这两层软土层,厚度和沉降量较大,强度较低和③-1A 泥炭质土可以算是整个项目场地的主要的沉降变形层。由表4可以观察到此项目上部③-1、③-2、③-3 覆盖层排水条件差,下部⑥-2、⑥-3、⑦-1、⑦-2 覆盖排水条件好。观察OCR固结数据显示,上部覆盖层为欠固结土,下覆盖层为超固结土。当上部土层荷载小于下部土层荷载时不会产生明显的固结

参考文献:

- [1] 周秋娟,陈晓平.软土次固结特性试验研究[J]岩土力学,2006,27(3):404-408.
- [2] 胡建华,汪稔,周平等.旁压仪在地基工程原位测试中的应用及其成果分析[J]岩土力学,2003(S2):418-422.
- [3] 刘健,刘永胜,夏玉斌.大连某人工岛地基土固结特性研究[J].水运工程,2020(12):184-190.DOI:10.16233/j.cnki.issn1002-4972.20201202.021.
- [4] 工程地质手册编委会.工程地质手册(第五版)[M].中国建筑工业出版社,2018.
- [5] 土工试验方法标准 GB/T 50123-2019[S].

作者简介:胡蓉伟(1985.9),女,汉,江苏苏州,工程师,从事勘察设计工作,本科。

沉降。下覆土层为正常固结土层,土层颗粒细土质密实所以排水速度慢。渗透时间长、固结压塑时间长,也就是固结渗透速度慢。土层的沉降量与建筑物设计使用年限有关。

在附加应力荷载和荷载试验方式不同的条件下,沉降量的发生主要与地基土的固结(压缩)特性相关。因此我们采用多种测试方法,获得地层的压塑固结数据进行对比、分析与验证参数运用的合理性。

4 结论

(1) 探讨的工程项目土层厚度约16-18米软土层含水率,压缩性高、强度低、并且是普通分布,所以必须控制不均沉降,来满足设计施工。

(2) 下部土层中⑥-2、⑥-3 为正常固结,为中压缩土层,⑦-1、⑦-2 层为超固结,也属于中等偏低压塑土层。勘察场地随深度呈现的应力历史规律明显。上部软土层为新近代沉积,下部土层沉积为老年代沉积,可以清晰地看出上部软土以欠固结状态为主、下部土层以超固结状态为主。

(3) 通过静力触探与土工试验结果的分析对比,发现两者得出的 E_s 大致相同,能够为本工程地基处理提供沉降计算依据。