维普资讯 http://www.cqvip.com

软土的工程特性研究及软基处理

——以连云港地区为例

侯树刚 陈 静
(中国地质大学研究生院)

摘 要 软土是一种具有特殊工程性质的土类,充分认识软土的不良工程特性,因地制宜选择合适的施工方案进行软基处理相当重要。以连云港地区为例,对软土的工程特性进行了讨论,并提出了几种地基处理措施。

关键词 软土 工程特性 软基处理

连云港地区是个软土问题较为突出的地区之一,其地表广泛地覆盖有第四系全新统(Q_4)滨海相软土层,表层为0.5~3.0 m粘性土硬壳层,下层为淤泥质粘土,淤泥质粘性土厚1.0~10.0 m,天然含水量最高达81.6%,天然重度最小为15.6 kN·m^{-3},天然孔隙比最大达2.222,具有压缩性大、透水性差、力学强度低等特点。

1 软土的微观结构特征

土是由固体颗粒、水和气体三部分组成的三相体系。土颗粒则以粉、粘粒和胶粒为主,含少量有机物,以絮状胶结为主,结构疏松。天然软土的颜色以深灰色为主,粒度成分以细颗粒为主,有机质含量较高,当受到振动或一定程度的扰动时,其结构连接受到破坏,强度迅速降低,变成稀释状态,极易产生侧向滑动、挤出等现象。

根据《软土地区工程地质勘察规范》(JGJ83-91)分区标准,连云港地区位于Ⅰ区和Ⅱ区的分界线,软土成因以海相沉积为主,沉积年代短,地下水位浅,软土长期处于饱水状态。该区软土则以灰色为主,有腥臭味,中间夹极薄的粉细砂层,一般呈流塑状态。

室内分析结果表明,淤泥和淤泥质粘土粘粒含量(<0.005 mm)在66%~87.9%之间,胶粒含量(<0.002 mm)在42%~61%之间。

2 软土的物理力学性质

连云港地区位于鲁中南丘陵与淮北平原的结合部,整个地势自西北向东南倾斜,平均海拔高度3~4 m,在地质历史中广泛沉积了一套灰色~灰绿色流塑淤泥及淤泥质粘土的软土,随着第四纪新构造运动、河流作用、海侵地质作用形成了一套广泛分布的典型的以海积作用为主,以冲积、残坡积为辅的软土层。该地区软土的物理力学性质归纳起来,主要有如下几个特性:

(1)含水率高:淤泥的含水率w=40%~98%,淤泥质土的含水率w=30.8%~81.6%,含水率高于液限,呈饱和状态。

(2)孔隙比大:天然软土的孔隙比往往要比同一垂直压力下的重塑土的孔隙比高0.2~0.4(表1)。

表1 原位孔隙比

工程地点	原位压力/kPa	原位孔隙比	重塑孔隙比
广深公路	40	2.15	1.79
连云港	50	2.22	1.83
上海港	70	1.32	1.10
湛江港	250	1.51	1.02

(3)压缩性大:软土属高压缩性土,压缩系数a_v=0.55~2.86 MPa^{-1},压缩模量E_s=1.02~5.50 MPa,平均值为:1.63~2.84 MPa;压缩变形发生在垂直压力50~70 kPa之间,延续时间长,基础沉降量大而且不均匀。

(4)渗透性差:通过室内测定,天然软土的渗透系数K在10^{-8}~10^{-7} cm·s^{-1}数量级,固结系数C_v=0.001~15.100 cm^2·s^{-1}(表2),现场抽水试验计算范围K=(1.200~43.100)×10^{-4} cm·s^{-1};比室内测试值略高;排水固结时间长,在加荷初期往往出现较高的空隙水压力。

(5)强度低:静力触探测软土锥尖阻力p_s(见表

〔收稿日期〕 2003-06-09

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 渗透系数 K、固结系数 C_v 统计表

名称	样数	$K/\times10^{-5}$ cm·s^{-1}		C_v/cm^2·s^{-1}	
		范围值	平均值	范围值	平均值
淤泥	14	0.010~8.340	2.059	0.001~1.100	0.134
淤泥质粘土	9	0.160~44.950	7.915	0.001~10.500	0.812
淤泥质粉质粘土	14	0.005~87.100	7.705	0.002~15.100	1.487

3)、E_s、R、c_u 值较小，标准贯入击数 $N_{63.5}<1$ 击，大部分层位，标准器自动下沉；软土内摩擦角平均值 $\varphi=3°05'\sim6°09'$，内聚力平均值 $c=11.3\sim16.2$ kPa，抗剪强度极低，临界自稳高度小，约 20~50 cm。

表3 静力探软土 p_s、E_s、c_u 统计表

	组数	p_s/kPa	R/kPa	E_s/MPa	c_u/MPa
淤泥	29	≤294	≤57	≤2.4	≤16
淤泥质粘土	36	588~784	88~108	3.4~4.2	31~41
淤泥质粉质粘土	46	423~830	67~114	2.9~5.1	35~47

(6)不均匀性：受沉积环境的影响，软土层中夹薄层粉土、粘性土或粉细砂透境体，水平和垂向不均匀，各向异性明显，往往具有较显著的流变特性，片架结构软粘土更是如此。

一般而言，沉积年代越早，软土强度相对较高；由淤泥过渡到淤泥质粘土、淤泥质粉质粘土，其含水率 w、空隙比 e、压缩系数 a_v 相应减小，压缩模量 E_s、抗剪强度指标 c、φ 值略有提高。

3 软土地基的处理措施

根据江苏省连云港地区几十年来在软土上工程建设的实践经验，地基处理主要有以下几种措施：

(1)换土垫层法：将软弱的地基土全部或部分挖去，分层回填强度较高、压缩性较低且无腐蚀性的沙石、素土、灰土及三合土等，并进行夯实以增加地基的强度，减少基础的沉降量，提高地基的总体强度。这种方法，尤其是挖出流塑软土很困难，另外边坡支护也较为困难，适用于软土厚度较小、分布面积不大且平均荷载相对较小的建筑地基。

(2)砂井排水法：排水砂井是利用多种打桩机具击入钢管，或用高压射水、爆破等方法在地基中获得按一定规律排列的孔眼，并灌入中、粗砂而成的。这种砂井在软土中起排水通道的作用。砂井表面还应铺设透水性较好的砂垫层或砂沟，以构成完整的地基排水系统，使得软土中的水充分排出，这不仅改善了地基的排水条件，而且缩短了排水路径，因而使地基在承受了附加荷载后，排水固结过程大大加快，进而使地基强度得以提高。此方法的优点是节省大量资金，缺点是技术性较强，从打砂井，灌砂到铺设砂垫层，填筑路堤均须严格按照设计及施工工艺要求进行，否则难以达到预期效果。

(3)塑料插板排水法：在深厚软土层中插入塑料排水板可以缩短排水通道，改善地基原有的排水条件，缩短排水时间，提高固结效果，从而提高地基土的强度。此方法在90年代普遍使用，大大提高了施工效率和工期，避免了袋状沙井的不足，加固地基效果相当好。

(4)土工织物：此方法一般是在下部铺一层土工织物，然后填筑石料和土料，可以使地基快速排水固结，阻隔软土细粒流入填筑料中，避免降低其强度，防止海堤等向两侧滑动，大大缩短了施工周期。土工织物还具有防渗、反滤排水、防冲刷等优点，应用前景极为广阔。

(5)深层搅拌法：该地区常采用粉体喷射搅拌法施工，水泥能充分吸收周围软土中的水分，加固后地基强度提高，可以作为低层建筑物和道路的路基，也可以用作支护和止水帷幕。该法施工简单快捷，已有成熟的经验，在该地区被广泛采用。

(6)桩基础：对于一般建筑物，常采用预制桩基础，施工时常用静压法施工。也可采用沉管灌注桩基础，在基岩埋深较浅处，常采用钻孔灌注桩嵌岩桩基础。虽然桩基础造价相当高，但它沉降最低，强度高，施工简单。

该地区软土地基条件较为复杂，用各种方法处理地基时应考虑软土的特殊性质，如采用排水固结法时要考虑次固结沉降的影响，采用桩基础时要考虑负摩阻力的影响。另外，对荷重较轻的建筑物，可充分利用上部硬壳层的强度，考虑采用天然地基的可能性。

参 考 文 献

[1] 王煜霞，许波涛. 连云港海相沉积软土的工程特性. 岩土工程界，2002(7).

[2] 彭卫平. 软土的工程特性与桩基缺陷分析. 工程地质论文集，1997.

[3] 沈珠江. 软土工程特性和软土地基设计. 岩土工程学报，1998.

[4] 魏汝龙. 软粘土的强度和变形. 北京：人民交通出版社，1987.

第一作者通讯地址：武汉市鲁磨路武汉中国地质大学研究生院2001级地质工程专业 **邮编**：430074