维普资讯 http://www.cqvip.com

第18卷 第3期 桂林工学院学报 Vol.18 No.3
1998年7月 JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY Jul. 1998

261-265 P642.133

汕头市区软土的工程地质特性

陈慕杰
（桂林工学院勘察设计研究院 541004）

摘 要 通过对汕头市区软土的物理力学性质和工程地质特性的研究表明，饱和状态软粘土的物理力学性质均与含水量的关系密切，软土的压缩性质与抗剪强度，随土的结构强度的改变而出现异常，为此，在软土地区开展工程勘察，应配合适当数量的原位十字板剪切试验和静力触探试验等原位测试手段，以更精确地了解软土的工程地质特性。

关键词 软土；工程地质特性；广东；汕头
分类号 P642.11；P642.133

1 地质概况

汕头市区位于韩江三角洲平原之上，东南侧为南海。在三角洲范围内，第四纪沉积物厚达50～80m，地表以下20～25m为淤泥或淤泥质土为主的软粘土[1]。淤泥或淤泥质土是在静水或缓慢流水环境中沉积，经生物化学作用而形成的。目前仍处于欠固结状态，具有天然含水量高，孔隙比大，压缩性大，渗透性低，承载力低的特点。

2 软土的工程特性

本区淤泥或淤泥质土是在第四纪三角洲沼泽或海滨洼地中淤积而形成的，由于动植物的发育而富含有机质和腐植质、并含贝壳碎片；同时也由于第四纪沉积过程中的地壳震荡运动常有粉砂交错层，造成该软粘土层的组成成分复杂且不均匀。其物理力学性质同其他地区的软土相比，具有不同的特性和规律。

2.1 软土的物理力学性质指标间的相关研究

根据本区300多个有代表性土样的测试结果统计，淤泥和淤泥质土的物理力学性质指标如表1所示：

该区淤泥和淤泥质土的孔隙全部被孔隙水所占据，经常处于超饱和状态，因此孔隙比（e）与含水量（w）具明显的线性关系，采用最小二乘法其回归方程可用下式表示：

$$e=0.16+0.024w$$

其相关系数$\gamma=0.98$。

本区淤泥和淤泥质土的渗透性较弱，不同场地其渗透系数也大致相同，故压缩系数a与含水量w的相关关系也较好，其回归方程为

1998年3月15日收稿，4月17日改回。
作者简介：陈慕杰，男，1965年出生，工程师，工程地质专业。

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$w=22.3+27.6a$$

相关系数 $\gamma=0.87$.

表 1 汕头市区软土的物理力学性质

Table 1 The physical-mechanical property of soft clay in Shantou

土层名称	w / 10^{-2}	γ / g·cm^{-3}	e	S_r	w_L / 10^{-2}	w_p / 10^{-2}	I_p	I_L	c / kPa	φ / (°)	a_{1-2} / MPa^{-1}	E_s / MPa
淤泥	50～65	1.60～1.75	1.45～1.80	100	35～55	20～35	14～30	1.0～3.0	0～15	5～15	0.8～1.6	1.5～6.0
淤泥质土	35～55	1.65～1.80	1.00～1.58	100	25～48	15～30	10～25	1.0～2.0	0～20	5～18	0.4～1.4	2.0～8.0

淤泥和淤泥质土的液限指标变化范围较大，主要与土的成分，胶体矿物质的不同以及颗粒组成有较大关系，如局部存在粉砂薄夹层等．同时经统计分析可知，液限与含水量也基本成正比关系（图 1），其散点基本落在图中的 a 和 b 直线之间的范围内．

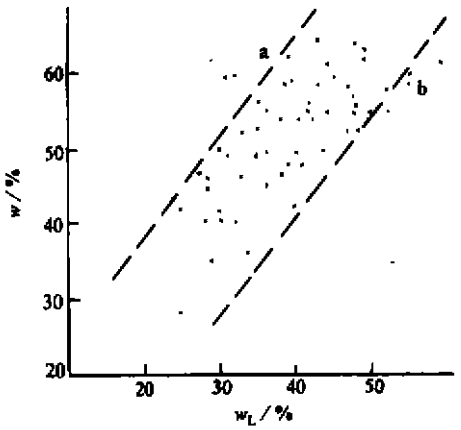

图 1 液限与含水量(w)关系散点图

Fig. 1 The relationship between liquid limit and moisture content

2.2 软土的压缩特性

本区由于软土的成分复杂，不均匀，且局部贝壳和粉砂含量较多，以及该区土在沉积过程中纵向或横向上胶结矿物有差异等特点，使土的压缩性的差异较大．研究了典型的淤泥和淤泥质土的压缩曲线发现，经常出现前部斜率较小而后部曲线斜率偏大的现象（图 2）．这种现象在本区的几个工程中出现的概率约为 20%～30%，比有关学者的研究，这种现象高达 50%[2]略少．这一现象的出现是土的结构强度在土的变形过程中所起的作用的体现[3]．

国内外学者对土的组构进行了较为深入的研究，大部分土是由碟片状土粒以分散结构或絮凝结构组成的，因此，土的压缩性主要是由于土粒的挠曲、变形和相对滑移而使得土体积的变小所致，具体表现为孔隙中水和气体的向外排出[4]．

本区的淤泥和淤泥质土经固结试验可定为具有一定结构强度的欠固结土，其先期固结压力 P_c 大致为 150～200kPa．这种结构强度主要是由于土粒间的物理化学和生物化学作用，特别是近海地区水中含盐量增大，使细粒土极易形成絮凝团粒结构而形成一定的结构强度．有关学者的研究也认为，软土的 $P_c=150$kPa[2]．因此，在对土施加较小的压力时，即 $P<P_c$，此时仅使土粒产生挠曲和变形，所产生的压缩量较小．而当压力较大时，即 $P>P_c$，则会破坏土的絮凝结构而解体，产生土粒间的相对滑移，此时所产生的压缩量较大．因此压缩曲线就在土的结构强度值上出现拐点．当取土或运输过程中土的结构被扰动而改变了土的结构强度，即变小或消失时，便使得曲线的拐点前移或不出现拐点，压缩曲线变得较为圆滑，土的压缩性质就会出现异常．因此，为了正确评价土的压缩特性，不论是野外钻探、取样还是在室内试验过程中，都必须十分小心，保持土的原状结构，并采用适量的现场原位测试方法进

维普资讯 http://www.cqvip.com

行综合评价.

2.3 软土的抗剪强度

如前述，由于本区的淤泥和淤泥质土的沉积环境略有动荡，成分复杂而不均匀，并在钻探、取样、运输过程中易扰动土的原状结构，使得土的直剪强度的变化较大，如表 1 所列的 c、φ 值均很分散，而且与土的其他物理性质关系不明显. 同时在室内剪切试验过程中常不出现峰值，所以单靠快剪难以准确定出软土的剪切强度. 为此，在较重要的工程中，应配合适量的原位十字板剪切试验和静力触探试验.

笔者在汕头工程中，配合室内试验，在钻探过程中做了 22 个孔的十字板剪切试验. 经测试结果分析，淤泥或淤泥质土的剪切强度（峰值强度）随深度而增大，其重塑土的强度变化也大致相同（图 3）.

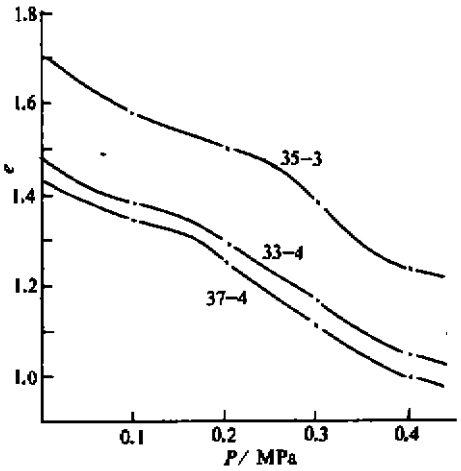

图 2 软土的压缩曲线（汕头某工地）

Fig. 2 The pressure curves of soft clay (From Shantou)

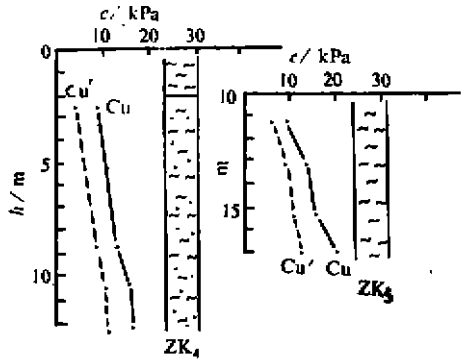

图 3 原位十字板剪切试验曲线

Cu—原状土；Cu'—重塑土

Fig. 3 The curves of in-situ vane shear test

2.4 软土的静力触探曲线特征

在市区所作的静力触探试验结果（图 4）表明，不同土层的桩尖阻力 q_c 和摩阻比 f_s/q_c 两个指标存在明显的差异，同时各土层的曲线形态特征也各不相同，具体如表 2 所示. 从图中可以看出，在土层变化时，静力触探曲线常有突变较为明显的波峰或波谷出现，而且突变曲线常出现"提前"或"滞后"现象. 一般情况下，当从密实土进入软土时，曲线"提前"突变；当从软土进入坚硬土层时，曲线"滞后"突变，所以在具体划分土层时应特别注意.

2.5 软土的动力学特征

根据市区某厂房场地的地震动参数检测试验，各土层的剪切波速（V_s）如表 3，从表中数据可知，根据《建筑抗震设计规范》（GBJ11–89）的有关规定，市区内浅层 20～25m 范围内均覆盖着 $V_s<140$m/s 的软土，属于软弱Ⅲ类场地土[5].

市区表层或浅层的软土层，抗震性能较差，在强大地震动力作用下将产生较大的压缩和变形，其抗震强度和承载力随之极度降低，容易产生地基失效或不均匀沉陷. 所以在建筑物基础设计时，不宜选用此土层作为持力层. 当要选用该土层作基础持力层时，必须对其进行加固处理，同时采取结构措施，增加整体结构的刚度，以减轻地震灾害.

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 汕头市区软土的静力触探指标特征

Table 2 The properties of static cone penetration of soft clay in Shantou

土层名称	q_c/MPa	$f_s \cdot q_c^{-1}$/%	曲线形态特征
松散粉细砂	2～5	0.5～1	单峰或圆滑多峰
淤泥	0.1～0.8	0.6～3	曲线平缓，略有起伏
淤泥质土	0.8～1.4	0.4～2	曲线平缓，略有起伏
粘土或粉质粘土	1.4～8	0.6～2.5	常有圆滑的波峰

表3 汕头市区软土的剪切波速

Table 3 The shear velocity of soft clay in Shantou m/s

土层名称	孔号 8#	12#	16#	平均
细砂	100.60	80.90	108.26	96.59
淤泥与粉砂互层	102.62	87.40	109.88	99.97
淤泥质土	93.76	89.33	119.96	101.02
有机质粘土	129.16	114.95	134.20	126.10

3 结 论

（1）汕头市区的软土层的物理力学性质与含水量关系密切，孔隙比、液限、压缩系数与之成正比，所以在取样时一定要确保含水量不受损失，才能精确地反映软土的状态和性质。

（2）由于软土的结构强度低，在取样和运输过程中很容易由于扰动而损失，因此在汕头市区内开展工程勘察时应尽量使用薄壁取土器，在运输过程采取保护措施，以使室内的试验能真实地反映软土的压缩特性。

（3）市区内软土的压缩性随深度加深而降低，其剪切强度则随深度加深而增高。

（4）市区内浅层的软土覆盖较厚，成分复杂多变，常有可塑粘土和粉砂夹层，且钻探过程中土的原状结构极易被扰动，为此应适当采用静力触探和十字板剪切试验等手段，才能更准确地反映出土层的变化情况及其物理力学特征。

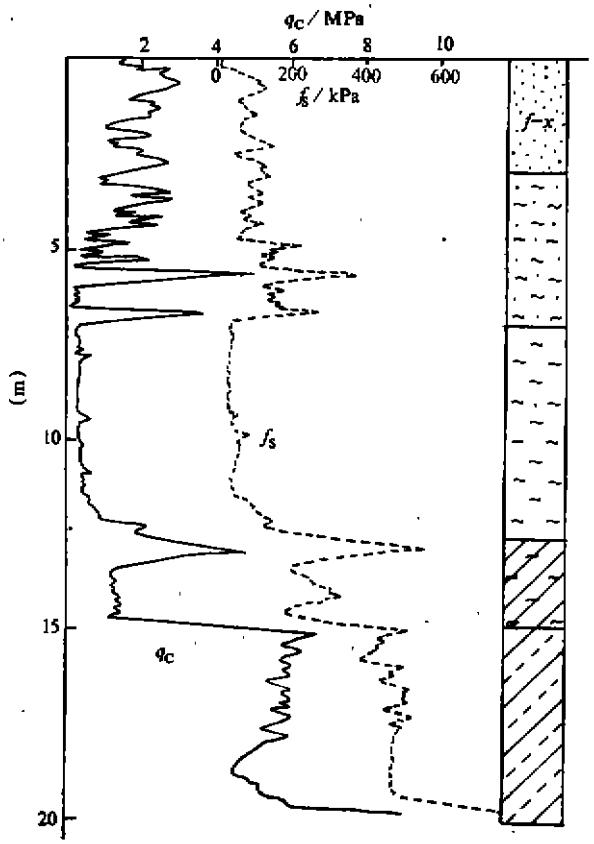

图4 某一钻孔的静力触探曲线（双桥探头）

Fig. 4 The curves of static cone penetration test in a drilling hole

（5）市区内大部分场地为软弱Ⅲ类场地土，在地震时软土将产生压缩变形，表层的粉细砂将产生液化，因此设计和施工时一定要采取相应的抗震设防措施。

本文承蒙李忠铭高级工程师的指导，深表感谢！

维普资讯 http://www.cqvip.com

参 考 文 献

1 陈慕杰. 广东汕头韩江三角洲第四系沉积规律及其工程地质特征评价. 桂林工学院学报，1998，18（2）：165～171

2 冯铭章. 软土压缩曲线特征. 岩土工程学报，1992，（5）：95～100

3 肖建华，冯铭章. 关于软土状态确定标准的讨论. 工程地质学报，1997，5（1）：47～52

4 钱家欢. 土力学. 南京：河海大学出版社，1988. 72～75

5 常士骠，等. 工程地质手册. 北京：中国建筑工业出版社，1992. 622～638

ENGINEERING PROPERTIES OF SOFT CLAY IN SHANTOU

Chen Mujie

(*Research Institute of Engineering Survey and Design, Guilin Institute of Technology*)

Abstract The research result of the physical-mechanical and engineering geology properties of soft clay in Shantou indicates that the physical-mechanical properties are related closely to its mosture content. The pressure property and shear strength of soft clay are innormal due to the change of its structural strength. The in-situ vane shear test and static cone penetration test should be used during the investigation in the soft clay area, so that the engineering geology properties should be understanded more exactly.

Key words soft clay; engineering geology property; Shantou

重晶石利用前景广阔

重晶石正在开拓一个十分广阔的应用领域。重晶石经过一系列物理、化学变化制成的碳酸钡，是制砖行业中的主要化工原料。添加碳酸钡后的砖具有重量轻、质量好、外观光泽美观、强度高、防风化、耐磨、耐碱等优点，根据需要，还可以在制砖粘土中加入少量的颜料及其他工业矿渣，以制出彩色和质地良好的建筑用砖。国外将碳酸钡用于制作高层建筑用砖已有几十年历史。

据悉，西德有70%重晶石用于化工和锌钡产品，25%用于填料。美国有20%重晶石用于非钻探领域，诸如钡化学、纸张、塑料、玻璃工业填料等。日本重晶石多用于涂料、颜料、塑料、油墨、造纸等方面。英国重晶石也主要用于涂料、石棉、合成树脂、造纸、蓄电池的生产等。由此可见，重晶石开拓新的应用领域使重晶石在非钻探用途上的潜力与前景上了新台阶。尤其值得注意的是，目前国际上正在注重钡盐类的高能化、高质量化无机填料的开发。高能钡盐作高技术材料，如光导纤维的原料，已引人注目。日本正在进行用钡盐作填料研究以提高树脂、纤维的功能，如重晶石在涂料、油漆生产中趋向于替代二氧化钛作增量剂，还开发作树脂填料，如聚丙烯、聚氯乙烯、苯乙烯等。