

# 结构性对上海软土渗透系数影响的试验研究

顾中华, 高广远, 王结虎

(同济大学 地下建筑与工程系, 上海 200092)

**摘要:**对在不同固结压力下原状土、重塑土的渗透系数进行试验研究,对比分析渗透系数的变化规律,研究上海软土结构性对渗透系数的影响。该试验的研究结果对上海软土渗透系数的确定有重要的工程指导意义。

**关键词:**软土;渗透系数;结构性;固结压力;孔隙比

**中图分类号:**TU43 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2004)05-0001-03

**Experimental Study on Effects of Structural Properties to Permeability Coefficient of Soft Clay in Shanghai/GU Zhong-hua, GAO Guang-yuan, WANG Jie-hu (Tongji University, Shanghai 200092, China)**

**Abstract:** The coefficient of permeability of undisturbed and disturbed samples of Shanghai soft clay is tested under different consolidation pressures. The variation of coefficient of permeability and the effect of structural property on permeability have been analyzed. The testing results are valuable for obtaining the coefficient of permeability of Shanghai soft clay in the practical engineering.

**Key words:** soft clay; coefficient of permeability; structural property; consolidation pressure; void ratio

土的渗透性是土力学重要的研究课题之一。由于土体宏观构造和微观结构的复杂性,土体渗透可以具有高度的不均匀性和各向异性<sup>[1]</sup>。影响渗透系数的因素很多,如土的结构、颗粒级配、密度、温度等。常规的室内渗透试验是在无荷载的条件下进行的。然而实际工程中,土体总是承受上覆土的自重应力和建筑物的附加应力,引起土体内部应力状态和土的基本性质的变化。许多研究成果证明了土的结构性的存在<sup>[2]</sup>,因此分析和研究结构性对软土渗透系数的影响,对于实际工程和设计具有重要的意义。土的结构性是指土体颗粒和孔隙的性状和排列形式及颗粒之间的相互作用,是土生成条件、环境的自然历史产物。目前研究土的结构性对宏观力学特性影响的一般方法是使土的结构性破坏,通过结构性保持完好的土(原状土)与结构性彻底破坏的土(重塑土)的各类力学对比试验,寻找结构性演变的特性规律<sup>[3]</sup>。本文通过对在不同固结压力下原状土和重塑土的渗透系数进行试验研究,探讨软土结构性对渗透系数的影响。

## 1 渗流模型

水在土中的渗流是在土颗粒间的孔隙中发生的,由于土体孔隙的形状、大小及分布极为复杂,导

致渗流水质点的运动轨迹很不规则。如果着眼于这种真实渗流情况的研究,不仅会使理论分析复杂化,同时也会使试验观察变得异常困难。考虑到实际工程中并不需要了解具体孔隙中的渗流情况,因而可以对渗流作出如下的简化:

(1)不考虑渗流路径的迂回曲折,只分析它的主要流向;

(2)不考虑土体中颗粒的影响,认为孔隙所占的空间均被渗流充满。

作了这种简化之后的渗流其实只是一种假想的土体渗流,称之为渗流模型。为了使渗流模型在渗流特性上与真实的渗流相一致,还应该符合以下要求:

(1)在同一过水断面,渗流模型的流量等于真实渗流的流量;

(2)在任一界面上,渗流模型的压力与真实渗流的压力相等;

(3)在相同体积内,渗流模型所受到的阻力与真实渗流所受到的阻力相等。

## 2 试验方法

本文采用渗压试验仪在不同的固结压力下测定饱和和软粘土的渗透系数。主要仪器设备为 QY1-3

收稿日期:2003-11-10

基金项目:上海市重点学科(岩土工程)资助

作者简介:顾中华(1977-),男(汉族),江苏南通人,同济大学博士在读,岩土工程专业,研究方向为软土地基处理与桩基础,上海市同济大学地下建筑与工程系 2009 春博,(021)65988575。

型改进渗压仪,土样面积  $30 \text{ cm}^2$ ,高  $2 \text{ cm}$ 。先施加预固结压力(由土的自重应力算出),将百分表调零。然后对土样施加不同的固结压力,待土样固结稳定后再施加渗透压力进行渗透试验。

原状土和重塑土土样均采用上海第④层淤泥质软粘土,土样的物理性质指标为:重度  $G_s=2.75$ ,含水量  $w=43.3\%$ ,孔隙比  $e=1.20$ ,液限  $w_L=44.0\%$ ,塑限  $w_p=23.8\%$ ,塑限指数  $I_p=20.2$ ,液限指数  $I_L=0.74$ ,压缩系数  $a_{0.1\sim 0.2}=0.40$ ,压缩模量  $E_{S_{0.1\sim 0.2}}=5.27$ ,粘聚力  $c=25 \text{ kPa}$ ,内摩擦力  $\varphi=10.6^\circ$ 。

### 3 试验结果与分析

在固结压力为  $50、100、200、300$  和  $500 \text{ kPa}$  下分别对原状土和重塑土进行渗透试验,试验结果如表 1 所示。

表 1 原状土的渗透试验结果

土样	固结压力 $P/\text{MPa}$	压缩量 $\Delta h$ /mm	经历时间 $t/\text{s}$	初始水头 $h_1/\text{cm}$	终止水头 $h_2/\text{cm}$
原状土	0.05	1.05	892	35.6	32.6
	0.10	1.76	8457	36.7	33.7
	0.20	2.24	23688	37.4	41.1
	0.30	2.64	17738	33.4	38.1
	0.50	2.89	24822	42.8	39.8
重塑土	0.05	1.40	25773	32.5	29.5
	0.10	2.63	29889	36.2	33.2
	0.20	3.51	22770	36.7	41.2
	0.30	3.85	21935	33.7	38.2
	0.50	4.02	33635	36.7	33.7

#### 3.1 渗透系数与孔隙比的关系

由图 1 可以看出,原状土和重塑土的渗透系数均随着孔隙比的减小而减小。由于软粘土结构性的存在,原状土在各级荷载下孔隙比变化幅度较小,而渗透系数随着孔隙比的变化有较大的变化;重塑土由于软粘土的结构性完全破坏,渗透系数随着孔隙比的变化幅度较小。

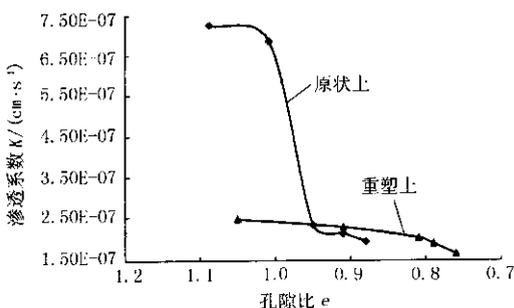


图 1 渗透系数与孔隙比的关系

#### 3.2 渗透系数与固结压力的关系

从图 2 可看出,原状土的渗透系数随固结压力的增加变化较大,当固结压力增大至一定值(图 2 中  $200 \text{ kPa}$ )后,和重塑土的渗透系数相接近。实际上土体的体积变化以及应力应变关系取决于土粒间及粒组间的应力传递,外力增加,改变双电层的相互作用和离子交换,即改变土颗粒之间的应力和排列。在大荷载作用下,原状土的结构性将被完全破坏而趋于重塑土的渗透性质。

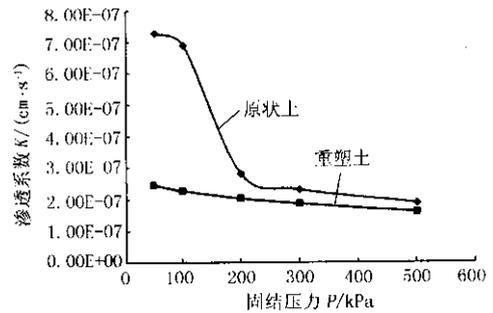


图 2 渗透系数与固结压力的关系

#### 3.3 实测有荷渗透系数与理论计算的渗透系数比较

一般情况下,用渗压仪测定软土有荷渗透系数费时费力,精度较难掌握,而固结试验则比较容易进行,因而根据太沙基一维固结理论<sup>[4]</sup>,结合实际经验推出利用固结试验计算渗透系数的方法,即对原状土只进行固结试验。一般按下式计算各级荷载下的渗透系数:

$$K = \frac{h_0}{h} \frac{S_2 - S_1}{P_2 - P_1}$$

式中: $h_0$ ——土样天然高度; $h$ ——土样压缩后的高度; $S_2 - S_1$ ——单位沉降量差; $P_2 - P_1$ ——固结压力变化。

按照上述试验固结压力计算的渗透系数与实测值比较,其结果如图 3、4 所示。

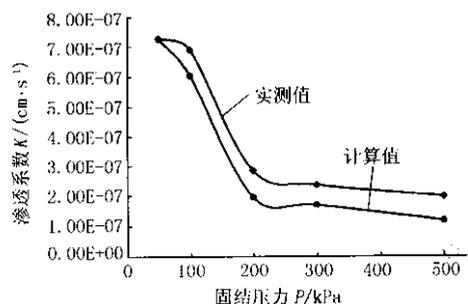


图 3 原状土渗透系数计算值和实测值比较

如图 3 所示与渗压试验测定的各级荷载下的渗透系数相比,原状土渗透系数计算值与实测值相差不大,曲线比较接近,略小于实测值,应该能够满足

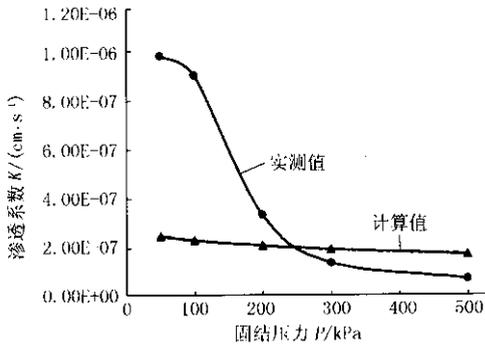


图4 重塑土渗透系数计算值和实测值比较

实际工程的精度要求;由图4可看出重塑土在荷重较小的情况下( $<250$  kPa),渗透系数的计算值与实测值相差较大,而荷载较大( $>250$  kPa)时计算值和实测值又较为一致。

#### 4 结论与建议

(1)由试验结果可看出,上海软土的结构对渗透系数的影响确实存在,原状土的渗透系数随固结压力的增加变化大,而重塑土变化较小。当外荷载较大时,原状土的渗透系数与重塑土趋于一致。

(2)原状土实测有荷渗透系数与由固结试验计算的渗透系数较为接近,而重塑土在荷载较小时实测值与计算值偏差较大。在实际工程设计时笔者建议可以通过原状土固结试验得到渗透系数扩大1.1倍来快速地确定软土的渗透系数。

(3)本文只是讨论了结构性对正常固结上海软粘土渗透系数的影响,而应力历史对粘土的渗透性也有较大的影响。所以笔者进一步的工作是研究应力历史对软粘土渗透系数的影响,以求对渗透系数的确定有更好的认识。需要指出的是,以上仅就上海软粘土作讨论,对于其他地区的软粘土是否适用有待研究和考证。

#### 参考文献:

- [1] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京:水利电力出版社,1983.
- [2] 张诚厚,袁文明. 软粘土的结构性及其对路基沉降的影响[J]. 岩土工程学报,1995,17(5):25-32.
- [3] 熊传祥,周建安,等. 软土结构性试验研究[J]. 工业建筑,2002,32(3):35-37.
- [4] 华南理工大学,等. 地基与基础[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1991.

· 会讯 ·

### 全国建筑物纠倾移位、增层加载、基础托换及古建保护学术研讨会正在筹备

本刊讯 由同济大学地下工程系、浙江大学建工学院、浙江省建筑业行业协会地下工程分会、中国建筑学会工程勘察分会等四单位联合发起,中国土木工程学会支持的“全国建筑物纠倾移位、增层加载、基础托换及古建保护学术研讨会”定于2004年12月在浙江省杭州市召开。

近一二十年来,建(构)筑物的倾斜扶正、移位搬迁、增层加载、基础托换及古建筑物保护技术在我国各地渐渐兴起,大量的工程实践证明,此类技术不仅具有重大的技术经济效益,而且具有十分重要的历史文化意义。

本次会议将是我国南北各地专家学者专以地基基础领域中此类特殊技术为主要议题进行总结交流的首次盛会,期望能展示此类特殊技术迄今的发展水平和具有特色的一批成果。

本次会议将特别邀请多位著名专家作主题报告;同时,竭诚欢迎全国各地(含港澳台地区)勘察、设计、科研、施工及政府主管部门等有关单位从事相关工作的科技人员、考古与文物研究人员、高校师生等来稿并参加会议。来稿经选用后

将与主题报告汇编成集,由著名出版社正式出版。要求作者在2004年6月20日前先将摘要寄至会议秘书处,会议秘书处对初审合格的摘要将通知作者按照统一格式提交论文全文。作者也可从“浙江地工”网 [www.zjuca.com](http://www.zjuca.com) 下载论文格式,在9月10日前直接投寄论文全文。

会议有多位院士、大师等应邀担任顾问委员会委员;会议学术委员会:名誉主席孙钧,执行主席史佩栋、高大钊,主席朱合华、陈云敏、康景文;会议组织委员会:名誉主席张雁,执行主席史佩栋、赵翔,主席郑锦华、洪永星,副主席徐前、吴剑国、夏建中。

会议秘书处地址:(310012)浙江省杭州市学院路85号浙江科技学院土木工程系

联系人:夏建中、吴礼泉

电话:(0571)85124601、85021310

传真:(0571)85124601、85021310

手机:13336087719(夏)、13858184111(吴)

E-mail: xjz90815@163.com